

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 9 日
Date of Application:

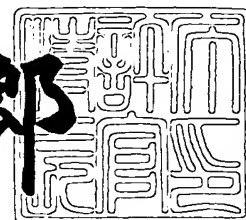
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 4 8 7 9 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 4 8 7 9 5]

出 願 人 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーシ
Applicant(s): ョン

2 0 0 3 年 7 月 1 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



【書類名】 特許願

【整理番号】 JP9020173

【提出日】 平成14年11月29日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 21/10

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市桐原町 1 番地 日本アイ・ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

【氏名】 佐井 文憲

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市桐原町 1 番地 日本アイ・ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

【氏名】 黒田 尚

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市桐原町 1 番地 日本アイ・ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

【氏名】 小笠原 健治

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市桐原町 1 番地 日本アイ・ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

【氏名】 松原 暢也

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市桐原町 1 番地 日本アイ・ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

【氏名】 柳沢 洋

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市桐原町 1 番地 日本アイ・ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

【氏名】 井芹 薫

【特許出願人】

【識別番号】 390009531

【氏名又は名称】 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

【代理人】

【識別番号】 100086243

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 博

【代理人】

【識別番号】 100091568

【弁理士】

【氏名又は名称】 市位 嘉宏

【代理人】

【識別番号】 100108501

【弁理士】

【氏名又は名称】 上野 剛史

【復代理人】

【識別番号】 100104880

【弁理士】

【氏名又は名称】 古部 次郎

【選任した復代理人】

【識別番号】 100118201

【弁理士】

【氏名又は名称】 千田 武

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081504

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706050

【包括委任状番号】 9704733

【包括委任状番号】 0207860

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 サーボ情報の書き込み方法、サーボ制御方法、データ記憶装置、プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドが取り付けられるアクチュエータをクラッシュ・ストップに接触させた状態で位置決めすると共に、当該ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む第一のステップと、

前記ライト・ヘッドによって前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記サーボ・パターンが前記リード・ヘッドで検出できる場合に、検出された当該サーボ・パターンに基づくサーボ制御によって前記ライト・ヘッドを位置決めすると共に、当該ライト・ヘッドによって当該ディスク状記憶媒体にさらにサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む第二のステップとを含むサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 2】 前記第一のステップでは、前記アクチュエータを前記クラッシュ・ストップに接触させた状態で当該アクチュエータの駆動モータに流す電流量を変化させることを特徴とする請求項 1 記載のサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 3】 前記第二のステップでは、前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記プロパゲーション・パターンを前記リード・ヘッドで検出し、検出された当該プロパゲーション・パターンに基づいて前記ライト・ヘッドの位置を補正することを特徴とする請求項 1 記載のサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 4】 前記ディスク状記憶媒体にトリガー・パターンを書き込むための送りピッチを決定するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 記載のサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 5】 前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記トリガー・パターンを前記リード・ヘッドで検出してから当該ディスク状記憶媒体に前記ライト・ヘッドにより次のトリガー・パターンを書き込むまでの書き込み時間間隔を決定するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 4 記載のサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 6】 前記書き込み時間間隔を決定するステップでは、前記リード・ヘッドと前記ライト・ヘッドとの間の距離であるリード・ライト・オフセットを利用することを特徴とする請求項 5 記載のサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 7】 前記書き込み時間間隔を決定するステップでは、前記リード・ヘッドにより、前記ディスク状記憶媒体の半径方向で隣り合う二つのトラックに書き込まれたトリガー・パターンの時間差を検出することを特徴とする請求項 5 記載のサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 8】 リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドを用いて、ディスク状記憶媒体にサーボ情報を書き込むサーボ情報の書き込み方法であって、

前記ライト・ヘッドによって前記ディスク状記憶媒体にトリガー・パターン、サーボ・パターン、プロパゲーション・パターンを書き込むステップと、

前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記サーボ・パターンを前記リード・ヘッドで検出し、検出された当該サーボ・パターンに基づいて次の書き込み位置に前記ライト・ヘッドを位置決めするステップとを含むサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 9】 前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記プロパゲーション・パターンを前記リード・ヘッドで検出し、検出された当該プロパゲーション・パターンに基づいて前記ライト・ヘッドの位置を補正するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 8 記載のサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 10】 前記トリガー・パターンおよび前記サーボ・パターンは前記ディスク状記憶媒体の位置情報記憶領域に書き込まれ、前記プロパゲーション・パターンは当該ディスク状記憶媒体のデータ記憶領域に書き込まれることを特徴とする請求項 8 記載のサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 11】 リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドを用いて、ディスク状記憶媒体にサーボ情報を書き込むサーボ情報の書き込み方法であって、

前記ライト・ヘッドによって前記ディスク状記憶媒体にトリガー・パターンを書き込むステップと、

前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記トリガー・パターンを前記リード・ヘッドで検出してから当該ディスク状記憶媒体に前記ライト・ヘッドにより次のトリガー・パターンを書き込むまでの書き込み時間間隔を決定するステップとを含むサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 1 2】 前記書き込み時間間隔を決定するステップでは、前記リード・ヘッドと前記ライト・ヘッドとの間のリード・ライト・オフセットを利用することを特徴とする請求項 1 1 記載のサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 1 3】 前記書き込み時間間隔を決定するステップでは、前記リード・ヘッドにより、前記ディスク状記憶媒体の半径方向で隣り合う二つのトラックに書き込まれたトリガー・パターンの時間差を検出することを特徴とする請求項 1 1 記載のサーボ情報の書き込み方法。

【請求項 1 4】 ディスク状記憶媒体上の所定の位置に、リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドを位置決めするサーボ制御方法であって、

前記ディスク状記憶媒体に書き込まれたサーボ・パターンを前記リード・ヘッドにより検出する第一のステップと、

検出された前記サーボ・パターンのポジション・エラー・シグナルを前記ディスク状記憶媒体の物理的位置に変換する第二のステップとを含むサーボ制御方法。

【請求項 1 5】 前記第二のステップでは、前記リード・ヘッドと前記ライト・ヘッドとの間の距離であるリード・ライト・オフセットを利用することを特徴とする請求項 1 4 記載のサーボ制御方法。

【請求項 1 6】 前記第二のステップでは、

前記ライト・ヘッドにより前記ディスク状記憶媒体の前記サーボ・パターンとは異なる位置にメジャーメント・パターンを書き込み、

前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記メジャーメント・パターンのプロフィールを前記リード・ヘッドで検出し、

検出された当該メジャーメント・パターンに基づいて前記ポジション・エラー・シグナルと前記リード・ヘッドの位置との関係を線形化すること

を特徴とする請求項 14 記載のサーボ制御方法。

【請求項 17】 リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドが取り付けられるアクチュエータをクラッシュ・ストップに接触させた状態で位置決めすると共に、当該ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む第一のサーボ書き込み手段と、

前記ライト・ヘッドによって前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記サーボ・パターンが前記リード・ヘッドで検出できる場合に、検出された当該サーボ・パターンに基づくサーボ制御によって前記ライト・ヘッドを位置決めすると共に、当該ライト・ヘッドによって当該ディスク状記憶媒体にさらにサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む第二のサーボ書き込み手段とを含むデータ記憶装置。

【請求項 18】 前記第二のサーボ書き込み手段でサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込んでいる間、前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記プロパゲーション・パターンを前記リード・ヘッドで検出し、検出された当該プロパゲーション・パターンに基づいて前記ライト・ヘッドの位置を補正する補正手段をさらに備えることを特徴とする請求項 17 記載のデータ記憶装置。

【請求項 19】 ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にトリガー・パターンを書き込む書き込み手段と、

前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記トリガー・パターンをリード・ヘッドで検出してから当該ディスク状記憶媒体に前記ライト・ヘッドにより次のトリガー・パターンを書き込むまでの書き込み時間間隔を決定する決定手段とを含むデータ記憶装置。

【請求項 20】 前記決定手段は、前記リード・ヘッドと前記ライト・ヘッドとの間のリード・ライト・オフセットを利用することを特徴とする請求項 19 記載のデータ記憶装置。

【請求項 21】 前記決定手段は、前記リード・ヘッドにより、前記ディスク状記憶媒体の半径方向で隣り合う二つのトラックに書き込まれたトリガー・パ

ターンの時間差を検出することを特徴とする請求項 19 記載のデータ記憶装置。

【請求項 22】 回転可能に配設され、その表面にサーボ・パターンが記憶されたディスク状記憶媒体と、

前記サーボ・パターンを読み取り可能に設けられるリード・ヘッドと、

前記リード・ヘッドによって読み取られた前記サーボ・パターンのポジション・エラー・シグナルを前記ディスク状記憶媒体の物理的位置に変換する変換部と、

前記変換部による変換結果に基づき、前記リード・ヘッドの位置を制御する制御部と

を含むデータ記憶装置。

【請求項 23】 前記リード・ヘッドに対して所定距離だけ離間して配置されると共に、前記ディスク状記憶媒体にデータを書き込むライト・ヘッドをさらに備え、

前記サーボ・パターンは、前記ライト・ヘッドによって書き込まれることを特徴とする請求項 22 に記載のデータ記憶装置。

【請求項 24】 前記リード・ヘッドは磁気抵抗素子からなり、前記ライト・ヘッドはトランスデューサー誘導素子からなることを特徴とする請求項 22 に記載のデータ記憶装置。

【請求項 25】 コンピュータに、

リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドが取り付けられるアクチュエータをクラッシュ・ストップに接触させた状態で位置決めすると共に、当該ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む第一の機能と、

前記ライト・ヘッドによって前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記サーボ・パターンが前記リード・ヘッドで検出できる場合に、検出された当該サーボ・パターンに基づくサーボ制御によって前記ライト・ヘッドを位置決めすると共に、当該ライト・ヘッドによって当該ディスク状記憶媒体にさらにサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む第二の機能とを実現させるプログラム。

【請求項 26】 前記ディスク状記憶媒体に前記トリガー・パターンを書き

込むための送りピッチを決定する機能をさらに実現させることを特徴とする請求項 2 5 記載のプログラム。

【請求項 2 7】 前記ディスク状記憶媒体に書き込まれたトリガー・パターンを前記リード・ヘッドで検出してから当該ディスク状記憶媒体に前記ライト・ヘッドにより次のトリガー・パターンを書き込むまでの書き込み時間間隔を決定する機能をさらに含むことを特徴とする請求項 2 5 記載のプログラム。

【請求項 2 8】 コンピュータに、
ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にトリガー・パターン、サーボ・パターン、プロパゲーション・パターンを書き込む機能と、
前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記サーボ・パターンを前記リード・ヘッドで検出し、検出された当該サーボ・パターンに基づいて次の書き込み位置に前記ライト・ヘッドを位置決めする機能と
を実現させるプログラム。

【請求項 2 9】 前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記プロパゲーション・パターンを前記リード・ヘッドで検出し、
前記ライト・ヘッドの位置を補正する機能をさらに含むことを特徴とする請求項 2 8 記載のプログラム。

【請求項 3 0】 コンピュータに、
ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にトリガー・パターンを書き込む機能と、検出された当該プロパゲーション・パターンに基づいて前記ディスク状記憶媒体に書き込まれた前記トリガー・パターンをリード・ヘッドで検出してから当該ディスク状記憶媒体に前記ライト・ヘッドにより次のトリガー・パターンを書き込むまでの書き込み時間間隔を決定する機能と
を実現させるプログラム。

【請求項 3 1】 コンピュータに、
ディスク状記憶媒体に書き込まれたサーボ・パターンをリード・ヘッドにより検出する第一の機能と、
検出された前記サーボ・パターンのポジション・エラー・シグナルを前記ディスク状記憶媒体の物理的位置に変換する第二の機能と

を実現させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、記憶媒体に対してサーボ情報を書き込む方法等に係り、特に、サーボ情報を自己書き込みする方法等に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

コンピュータ装置等のデータ記憶装置として広く用いられるハード・ディスク・ドライブは、磁気ディスクに記憶されているユーザ・データを読み出し、または磁気ディスクにユーザ・データを書き込むための磁気ヘッドを備えている。磁気ヘッドは、VCM (Voice Coil Motor) によって揺動するアクチュエータに装着されている。磁気ヘッドがユーザ・データの読み取りまたはユーザ・データの書き込みを行う場合、アクチュエータを駆動することにより、磁気ヘッドを特定のトラック (ターゲット・トラック) に移動させ且つ位置決めさせる。磁気ヘッドは、磁気ディスク上に記憶されたサーボ情報を手がかりに所定の位置への移動制御がなされる。近年のハード・ディスク・ドライブでは、記録密度の向上に伴って、磁気抵抗効果を応用したMR (Magnetoresistive) ヘッドまたはGMR (Giant Magnetoresistive) ヘッド等の磁気抵抗素子を読み取り専用のリード・ヘッドに用い、トランスデューサー誘導型ヘッドを書き込み専用のライト・ヘッドに用いるようになってきている。これら二つのヘッドは、同一のスライダーと呼ばれる担体に所定距離だけ離間して装着され、複合型の磁気ヘッドを構成する。このスライダーは、アクチュエータに装着される。

【0 0 0 3】

ハード・ディスク等の磁気ディスクには、同心円状に複数のデータ・トラックが形成されていると共に、磁気ディスクの半径方向に沿って識別情報およびバースト・パターンを予め記憶させたサーボ・トラックが形成されている。この識別情報およびバースト・パターンが、上述したサーボ情報を構成する。識別情報は、各データ・トラックのトラック・アドレスを表す情報であり、リード・ヘッドによっ

て読み取られた識別情報に基づいて、リード・ヘッドあるいはライト・ヘッドがどのデータ・トラックに対応する位置にいるかを判断できる。また、バースト・パターンは、各々信号が記憶された領域が磁気ディスクの半径方向に沿って一定間隔で配列され互いに信号記憶領域の位相が異なる複数のバースト・パターン列で構成されている。リード・ヘッドからバースト・パターンに応じて出力される信号(Position Error Signal: P E S)に基づいて、目標とするデータ・トラックに対し、リード・ヘッドあるいはライト・ヘッドの位置がどの程度ずれているかに関する偏差を検出できる。

【0004】

サーボ情報は、ハード・ディスク・ドライブを製品として出荷する前の製造工程において磁気ディスクに書き込まれる。ユーザ・データを正確に読み取りまたは書き込むためには、基準となるサーボ情報を精度よく書き込む必要がある。従来より、磁気ディスクに対するサーボ情報の書き込みは、S T W (Servo Track Writer) と呼ばれる専用の装置を用いて行われている。S T W は、トラック・ピッチ(一つのトラックのトラック・センターと隣接するトラックのトラック・センターとの間の距離)に合わせたサーボ・データを書き込むための磁気ヘッド(ライト・ヘッド)の送りピッチ(磁気ディスクの半径方向に対する書き込み位置)と、サーボ情報の書き込みタイミング(磁気ディスクの円周方向に対する書き込み位置)とをコントロールしながら、磁気ディスクにサーボ情報を書き込む。ここで、磁気ヘッドの送りピッチの設定手法としては、磁気ヘッドが取り付けられるアクチュエータに押し棒(プッシュ・ピン)を押し当てることにより、磁気ヘッド(ライト・ヘッド)の絶対的な位置決めを行うものが知られている。また、サーボ・データの書き込みタイミングの設定手法としては、専用のクロック・ヘッドを用いて磁気ディスクの外周側に書き込まれたクロック・データを基準クロックとして使用するものが知られている。

【0005】

ところで、上述した手法では、クロック・ヘッドで磁気ディスクにクロック・データを書き込んだり、あるいは、アクチュエータに押し棒を押し当てたりしなければならない。つまり、サーボ情報を書き込むために、ハード・ディスク・ドライ

ブの蓋を開けておかなければならず、このため、サーボ情報の書き込みをクリーン・ルーム内で行わなければならないという制約があった。

そこで、本出願人は、これらクロック・ヘッドや押し棒を用いることなく、サーボ情報を自己書き込みする手法について提案を行っている(特許文献 1 参照。) 。これによれば、ハード・ディスク・ドライブの蓋を開けることなく、クリーン・ルーム外でも磁気ディスクにサーボ情報を書き込むことが可能になる。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 8 3 3 1 号公報

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、特許文献 1 に記載の自己サーボ書き込み方式では、サーボ情報の書き込みを行う際、サーボ情報と共にプロパゲーション・パターンと呼ばれる特殊なサーボ・パターンをデータ・トラックに書き込み、このプロパゲーション・パターンを読み取ってサーボ制御を行っている。

しかしながら、プロパゲーション・パターンに基づくサーボ制御は通常のハード・ディスク・ドライブのサーボ制御とは異なるため、ハード・ディスク・ドライブに内蔵されるハード・ディスク・コントローラ(HDC)やMPU(Micro Processing Unit)、およびソフトウェアだけでは処理できず、一般には強力なプロセッサとソフトウェアとを有する自己サーボ書き込み専用のSTWを接続する必要があった。

【 0 0 0 8 】

本発明は、以上の技術的課題を解決するためになされたものであって、その目的とするところは、データ記憶装置自身のハードウェアを用いてディスク状記憶媒体上に何もパターンがない状態から自己サーボ書き込みを行うことにある。

また、本発明の他の目的は、より精密なヘッドの位置制御を行うことにある。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明では、ディスク状記憶媒体に書き込まれたプロパゲーション・パターン

ではなく、ディスク状記憶媒体に書き込まれたサーボ・パターンに基づいてヘッドの位置決めを行い自己サーボ書き込みを行うことを提案する。そして、プロパゲーション・パターンに基づく補正を加えることによって、ヘッドの位置決めの信頼性を向上させることを提案する。

すなわち、本発明のサーボ情報の書き込み方法は、リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドが取り付けられるアクチュエータをクラッシュ・ストップに接触させた状態で位置決めすると共に、ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む第一のステップと、ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体に書き込まれたサーボ・パターンがリード・ヘッドで検出できる場合に、検出されたサーボ・パターンに基づくサーボ制御によってライト・ヘッドを位置決めすると共に、ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にさらにサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む第二のステップとを含んでいる。

【0010】

このようなサーボ情報の書き込み方法において、第一のステップでは、アクチュエータをクラッシュ・ストップに接触させた状態でアクチュエータの駆動モータに流す電流量を変化させることを特徴とすることができる。また、第二のステップでは、ディスク状記憶媒体に書き込まれたプロパゲーション・パターンをリード・ヘッドで検出し、検出されたプロパゲーション・パターンに基づいてライト・ヘッドの位置を補正することを特徴とすることができる。

【0011】

さらに、ディスク状記憶媒体にトリガー・パターンを書き込むための送りピッチを決定するステップをさらに含むことを特徴とすることができ、このようなサーボ情報の書き込み方法においては、ディスク状記憶媒体に書き込まれたトリガー・パターンをリード・ヘッドで検出してからディスク状記憶媒体にライト・ヘッドにより次のトリガー・パターンを書き込むまでの書き込み時間間隔を決定するステップをさらに含むことを特徴とすることができる。そして、書き込み時間間隔を決定するステップでは、リード・ヘッドとライト・ヘッドとの間の距離であるリード・ライト・オフセットを利用することや、リード・ヘッドにより、ディスク

状記憶媒体の半径方向で隣り合う二つのトラックに書き込まれたトリガー・パターンの時間差を検出することを特徴とすることができる。

【0012】

また、本発明のサーボ情報の書き込み方法は、リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドを用いて、ディスク状記憶媒体にサーボ情報を書き込むサーボ情報の書き込み方法であって、ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にトリガー・パターン、サーボ・パターン、プロパゲーション・パターンを書き込むステップと、ディスク状記憶媒体に書き込まれたサーボ・パターンをリード・ヘッドで検出し、検出されたサーボ・パターンに基づいて次の書き込み位置にライト・ヘッドを位置決めするステップとを含んでいる。

このようなサーボ情報の書き込み方法において、ディスク状記憶媒体に書き込まれたプロパゲーション・パターンをリード・ヘッドで検出し、検出されたプロパゲーション・パターンに基づいてライト・ヘッドの位置を補正するステップをさらに含むことを特徴とすることができる。また、トリガー・パターンおよびサーボ・パターンはディスク状記憶媒体の位置情報記憶領域に書き込まれ、プロパゲーション・パターンはディスク状記憶媒体のデータ記憶領域に書き込まれることを特徴とすることができる。

【0013】

また、本発明では、ディスク状記憶媒体に書き込まれたトリガー・パターンを利用して、サーボ情報の書き込み位置や書き込みタイミングを揃えることを提案する。

すなわち、本発明のサーボ情報の書き込み方法は、リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドを用いて、ディスク状記憶媒体にサーボ情報を書き込むサーボ情報の書き込み方法であって、ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にトリガー・パターンを書き込むステップと、ディスク状記憶媒体に書き込まれたトリガー・パターンをリード・ヘッドで検出してからディスク状記憶媒体にライト・ヘッドにより次のトリガー・パターンを書き込むまでの書き込み時間間隔を決定するステップとを含んでいる。

このようなサーボ情報の書き込み方法において、書き込み時間間隔を決定する

ステップでは、リード・ヘッドとライト・ヘッドとの間のリード・ライト・オフセットを利用することを特徴とすることができる。また、書き込み時間間隔を決定するステップでは、リード・ヘッドにより、ディスク状記憶媒体の半径方向で隣合う二つのトラックに書き込まれたトリガー・パターンの時間差を検出すること
を特徴とすることができる。

【0014】

さらに、本発明では、サーボ・パターンを読み取ることによって得られるポジション・エラー・シグナルとリード・ヘッドやライト・ヘッドとの位置とを相関づけることにより、これらリード・ヘッドやライト・ヘッドの位置をより精密に制御することを提案する。

すなわち、本発明のサーボ制御方法は、ディスク状記憶媒体上の所定の位置に、リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドを位置決めするサーボ制御方法であって、ディスク状記憶媒体に書き込まれたサーボ・パターンをリード・ヘッドにより検出する第一のステップと、検出されたサーボ・パターンのポジション・エラー・シグナルをディスク状記憶媒体の物理的位置に変換する第二のステップとを含んでいる。

このようなサーボ制御方法において、第二のステップでは、リード・ヘッドとライト・ヘッドとの間の距離であるリード・ライト・オフセットを利用することを特徴とすることができる。また、第二のステップでは、ライト・ヘッドによりディスク状記憶媒体のサーボ・パターンとは異なる位置にメジャーメント・パターンを書き込み、ディスク状記憶媒体に書き込まれたメジャーメント・パターンのプロファイルをリード・ヘッドで検出し、検出されたメジャーメント・パターンに基づいてポジション・エラー・シグナルとリード・ヘッドの位置との関係を線形化することを特徴とすることができる。

【0015】

また、本発明のデータ記憶装置は、リード・ヘッドおよびライト・ヘッドを有する複合ヘッドが取り付けられるアクチュエータをクラッシュ・ストップに接触させた状態で位置決めすると共に、ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む第一のサーボ書き

込み手段と、ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体に書き込まれたサーボ・パターンがリード・ヘッドで検出できる場合に、検出されたサーボ・パターンに基づくサーボ制御によってライト・ヘッドを位置決めすると共に、ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にさらにサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む第二のサーボ書き込み手段とを含んでいる。

このようなデータ記憶装置において、第二のサーボ書き込み手段でサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込んでいる間、ディスク状記憶媒体に書き込まれたプロパゲーション・パターンをリード・ヘッドで検出し、検出されたプロパゲーション・パターンに基づいてライト・ヘッドの位置を補正する補正手段をさらに備えることを特徴とすることができる。

【0016】

さらに、本発明のデータ記憶装置は、ライト・ヘッドによってディスク状記憶媒体にトリガー・パターンを書き込む書き込み手段と、ディスク状記憶媒体に書き込まれたトリガー・パターンをリード・ヘッドで検出してからディスク状記憶媒体にライト・ヘッドにより次のトリガー・パターンを書き込むまでの書き込み時間間隔を決定する決定手段とを含んでいる。

このようなデータ記憶装置において、決定手段は、リード・ヘッドとライト・ヘッドとの間のリード・ライト・オフセットを利用することを特徴とすることができる。また、決定手段は、リード・ヘッドにより、ディスク状記憶媒体の半径方向で隣り合う二つのトラックに書き込まれたトリガー・パターンの時間差を検出することを特徴とすることができる。

【0017】

さらにまた、本発明のデータ記憶装置は、回転可能に配設され、その表面にサーボ・パターンが記憶されたディスク状記憶媒体と、サーボ・パターンを読み取り可能に設けられるリード・ヘッドと、リード・ヘッドによって読み取られたサーボ・パターンのポジション・エラー・シグナルをディスク状記憶媒体の物理的位置に変換する変換部と、変換部による変換結果に基づき、リード・ヘッドの位置を制御する制御部とを含んでいる。

このようなデータ記憶装置において、リード・ヘッドに対して所定距離だけ離

間して配置されると共に、ディスク状記憶媒体にデータを書き込むライト・ヘッドをさらに備え、サーボ・パターンは、ライト・ヘッドによって書き込まれることを特徴とすることができる。また、リード・ヘッドは磁気抵抗素子からなり、ライト・ヘッドはトランスデューサー誘導素子からなることを特徴とすることができる。

【0018】

また、本発明は、上述した方法の発明における各ステップを機能で表現したプログラムの発明として把握することもできる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、実施の形態について詳細に説明する。

図1はハード・ディスク・ドライブ1の主要部を示すブロック図であり、図2はこのハード・ディスク・ドライブ1の要部を示す上面図である。このハード・ディスク・ドライブ1は、磁気ディスク2、スピンドル・モータ3、磁気ヘッド4、アクチュエータ5、VCM(Voice Coil Motor)6、VCMドライバ7、DAC(Digital/Analog Converter)8、クラッシュ・ストップ9、プリアンプ10、リード／ライト・チャンネル(Read/Write Channel)11、MPU(Micro Processing Unit)12、HDC(Hard Disc Controller)13、ROM(Read Only Memory)14、RAM(Random Access Memory)15を有しており、HDC13を介して図示しないコンピュータ装置等に接続される。なお、磁気ディスク2は、必要に応じて単数または複数搭載されるが、図1においては単数の例を示している。

【0020】

ディスク状記憶媒体としての磁気ディスク2は、ハード・ディスク・ドライブ1が動作しているとき、スピンドル・モータ3のスピンドル軸を中心にして回転駆動され、ハード・ディスク・ドライブ1が非動作のとき、回転停止(静止)する。磁気ディスク2の表面には、複数のトラック20が同心円状に形成されている。また、磁気ディスク2には、磁気ディスク2の半径方向に沿って複数の位置情報記憶領域21が放射状に形成されており、他の領域にはデータ記憶領域22が形成される。この位置情報記憶領域21にはサーボ情報等が記憶される。なお、図2

には三つのトラック 20 を例示しているが、実際には、磁気ディスク 2 の半径方向にさらに多くのトラック 20 が形成される。また、図 2 には三つの位置情報記憶領域 21 およびこれらに挟まれたデータ記憶領域 22 を例示しているが、実際には、磁気ディスク 2 の円周方向にさらに多くの位置情報記憶領域 21 およびデータ記憶領域 22 が形成される。これら位置情報記憶領域 21 およびデータ記憶領域 22 の詳細については後述する。

【0021】

磁気ヘッド 4 は、アクチュエータ 5 の先端部に磁気ディスク 2 の表裏面に対応してそれぞれ配置されている。本実施の形態では、磁気ディスク 2 の表裏面がそれぞれ記憶面を構成する。磁気ヘッド 4 は、磁気ディスク 2 に対してデータの書き込みを行うライト・ヘッド W および磁気ディスク 2 からデータを読み出すリード・ヘッド R を有する複合ヘッドとなっている。リード・ヘッド R は、磁気ディスク 2 に記憶されているサーボ情報も読み取る。また、ライト・ヘッド W は、後述するように磁気ディスク 2 にサーボ情報も書き込む。ライト・ヘッド W はライト・ヘッド幅 WW を有している。リード・ヘッド R はライト・ヘッド W よりも磁気ディスク 2 の中心側に対して相対的に内側に取り付けられており、ライト・ヘッド幅 WW よりも狭いリード・ヘッド幅 WR を有している。つまり、リード・ヘッド R およびライト・ヘッド W は、所定距離だけ離間して配置される。リード・ヘッド R の幅方向中央部とライト・ヘッド W の幅方向中央部との間の距離をリード・ライト・オフセット (RWoffset) という。本実施の形態では、ライト・ヘッド W としてトランスデューサー誘導型ヘッドを用い、リード・ヘッド R として GMR (Giant Magneto Resistive) ヘッドを用いている。なお、リード・ヘッド R としては、GMR ヘッドの他、MR (Magneto Resistive) ヘッドや TMR (Tunneling Magneto Resistive) ヘッド等の磁気抵抗素子を用いることができる。このハード・ディスク・ドライブ 1 では、磁気ディスク 2 の位置情報記憶領域 21 に格納されたサーボ情報を磁気ヘッド 4 のリード・ヘッド R が読み取ることにより、リード・ヘッド R あるいはライト・ヘッド W の位置を知ることができる。

【0022】

磁気ヘッド 4 は、アクチュエータ 5 と一体となって磁気ディスク 2 の半径方向

に移動する。アクチュエータ 5 の側部に配設されたクラッシュ・ストップ 9 は、磁気ディスク 2 の中心側に対するアクチュエータ 5 の移動を規制し、磁気ヘッド 4 がスピンドル等へ衝突するのを防止する。クラッシュ・ストップ 9 は、例えば弾性体ゴムでコートされた金属棒からなり、その表面は弾性体ゴムにより若干の弾性を有している。また、磁気ディスク 2 よりも外方には、磁気ヘッド 4 が駆動されない場合に磁気ディスク 2 からアクチュエータ 5 を待避させるためのランプ (図示せず) が配置されている。

【0023】

アクチュエータ 5 は、VCM 6 によって駆動される。したがって、VCM 6 が磁気ヘッド 4 を駆動するということもできる。VCM 6 は、コイルを要素とする可動子と永久磁石を要素とする固定子とから構成されており、このコイルに所定の電流 (以下、必要に応じて VCM 電流 I_{vcm} とよぶ) を VCM ドライバ 7 から供給することにより、可動子を駆動させ、アクチュエータ 5 に装着される磁気ヘッド 4 を磁気ディスク 2 上で移動あるいは停止させるようになっている。

【0024】

リード／ライト・チャネル 11 は、データの読み／書き処理を実行する。つまり、HDC 13 を介して図示しないコンピュータ装置から転送された書き込みデータを書き込み信号に変換し、アクチュエータ 5 上に設けられたプリアンプ 10 で書き込み信号に変換して、磁気ヘッド 4 のライト・ヘッド W に供給する。ライト・ヘッド W は、この書き込み電流に基づいて磁気ディスク 2 に対してデータの書き込みを実行する。一方、磁気ヘッド 4 のリード・ヘッド R によって磁気ディスク 2 から読み出した読み出し信号はプリアンプ 10 で増幅され、リード／ライト・チャネル 11 でデジタル・データに変換され、HDC 13 を介して図示しないコンピュータ装置に出力される。このデジタル・データには、サーボ情報も含まれる。リード／ライト・チャネル 11 には、高精度なクロック 11a が内蔵されており、このクロック 11a をタイマーとして利用することができる。

【0025】

HDC 13 は、ハード・ディスク・ドライブ 1 のインターフェースとしての機能を有している。その機能の一つとして、図示しないコンピュータ装置から転送さ

れた書き込みデータを受け取ると共にリード／ライト・チャネル 11 に転送する。また、リード／ライト・チャネル 11 から転送される読み出しデータ(ユーザ・データ情報)を図示しないコンピュータ装置に転送する。さらに、図示しないコンピュータ装置からの指示コマンド等を受けて読み出しデータ(サーボ情報)を MPU 12 に転送する。

【0026】

MPU 12 は、ハード・ディスク・ドライブ 1 の制御を担う。MPU 12 は、サーボ・コントローラとしての機能を有しており、磁気ヘッド 4 の移動制御を実行する。MPU 12 は、ROM 14 に格納されたプログラムを解釈、実行する。MPU 12 は、リード／ライト・チャネル 11 から転送されたサーボ情報に基づいて磁気ヘッド 4 の位置を判断し、判断した磁気ヘッド 4 の位置と目標位置との偏差に基づいて磁気ヘッド 4 の速度制御値を DAC 8 に向けて出力する。磁気ヘッド 4 の移動指令としての速度制御値は、サーボ情報が磁気ヘッド 4 のリード・ヘッド R で読み出されるたびに出力される。

DAC 8 は、磁気ヘッド 4 のリード・ヘッド R から出力された速度制御値をアナログ信号(電圧信号)に変換すると共に、VCM ドライバ 7 に出力する。

VCM ドライバ 7 は、DAC 8 から受けた電圧信号を駆動電流に変換して VCM 6 に供給する。

【0027】

図 3 は、磁気ディスク 2 の表面に形成された位置情報記憶領域 21 およびデータ記憶領域 22 の一部拡大図を示している。上述したトラック 20 は、磁気ディスク 2 の半径方向に同心円状に、位置情報記憶領域 21 およびデータ記憶領域 22 をまたいで形成される。なお、図 3 は、トラック 20 中の一部のトラック 20 A ～ 20 E を例示しており、これらのうちトラック 20 A および 20 E については半トラック分だけを表示している。

【0028】

位置情報記憶領域 21 には、磁気ディスク 2 の円周方向にトリガー・パターン記憶領域 TPA およびプロダクト・サーボ記憶領域 PSA が形成されている。

トリガー・パターン記憶領域 TPA は、後述する自己サーボ書き込みにおいて

トラック間の信号の位相を合わせるために精密な時間信号を作るためのトリガー・パターンが記憶される領域であり、Syncと呼ばれる周期パターンと周期信号ではない定型のSync Markとが記憶されている。ここでSync Markは、トリガー・パターン中のタイミングを確定する機能を持っている。プロダクト・サーボ記憶領域P S Aには、磁気ディスク2の円周方向上流側から、第一の空き領域G 1と、サーボ・マーク記憶領域S Mと、トラック識別情報(サーボ・アドレス)記憶領域S Aと、バースト・パターン記憶領域B Pと、第二の空き領域G 2とが形成される。

【0029】

プロダクト・サーボ記憶領域P S Aのうち、サーボ・マーク記憶領域S Mには、この後にサーボ信号の書き込み領域が開始されることを示すサーボ・マークが記憶されている。識別情報記憶領域S Aには、各トラックおよびセクタに対応して各トラックおよびセクタのアドレスをグレイ・コード(巡回2進符号)で表した識別情報が記憶されている。バースト・パターン記憶領域B Pには、磁気ヘッド4の位置制御に使用するためのバースト・パターンが記憶されている。バースト・パターンは、図3に示すように、各々信号が記憶された領域(斜線で示す部分)が各トラックの半径方向に沿って一定間隔で配列され互いに信号記憶領域の位相が異なる四本のバースト・パターン列A～Dからなる。そして、バースト・パターン列AとBとの間およびバースト・パターン列CとDとの間でそれぞれ180°位相が異なり、バースト・パターン列BとCとの間では90°位相が異なる。さらにまた、第一の空き領域G 1や第二の空き領域G 2は、トリガー・パターンやバースト・パターンの書き込みに対する余裕を持たせるために予め余分に設けられる領域である。

【0030】

本実施の形態にかかるハード・ディスク・ドライブ1は、製造中、具体的には、ハード・ディスク・ドライブ1を構成する全部品の組み付けが終了した時点で、自己サーボ書き込み方式により磁気ディスク2に対するサーボ情報の書き込みが行われる。この自己サーボ書き込みのプログラムは、予めROM14に記録されているか、あるいは、図示しない外部の装置から転送されてRAM15に格納され

ている。

【0031】

図4は、本実施の形態にかかるハード・ディスク・ドライブ1における自己サーボ書き込みプロセスを示すフローチャートである。本実施の形態にかかるハード・ディスク・ドライブ1では、リード・ヘッドRとライト・ヘッドWとの間にリード・ライト・オフセットRWoffset(図2参照)が存在することにより、自己サーボ書き込みの初期段階においてライト・ヘッドWで書き込んだサーボ情報をリード・ヘッドRで読み取ることができない領域が存在する。このため、磁気ディスク2に書き込んだサーボ情報を読まずに新たなサーボ情報を書き込む手法と、磁気ディスク2に書き込んだサーボ情報を読みながら新たなサーボ情報を書き込む手法とを連携させることにより、自己サーボ書き込みを実行するようになっている。

【0032】

まず、磁気ディスク2の位置情報記憶領域21に書き込むサーボ情報のトラック・ピッチ(Track Pitch)を決定する(ステップS101)。次いで、磁気ディスク2の位置情報記憶領域21のトリガー・パターン記憶領域TPAに書き込むトリガー・パターン(Trigger Pattern)間の書き込み時間差を決定する(ステップS102)。次に、VCM6に流すVCM電流の制御に基づき、磁気ディスク2のトラックにトリガー・パターン、サーボ・パターン、プロパゲーション・パターン(Propagation Pattern)を書き込む(ステップS103)。なお、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンの詳細については後述する。

そして、書き込み済みのサーボ・パターンを用いてサーボ制御を行えるかどうかを判断し(ステップS104)、サーボ制御ができない場合には、ステップS103に戻ってさらにトリガー・パターン、サーボ・パターン、プロパゲーション・パターンの書き込みを続ける。

【0033】

一方、サーボ制御が可能になっている場合には、VCM電流Ivcmの制御から、上述した手順によって磁気ディスク2に書き込まれたサーボ・パターンをリード・ヘッドRで読み取り、読み取ったサーボ・パターンに基づいて磁気ヘッド4(ライト・ヘッドW)を位置決めするサーボ制御に基づき、磁気ディスク2にトリガー・

パターン、サーボ・パターン、プロパゲーション・パターンを書き込んでいく(ステップS105)。またその際、磁気ディスク2に書き込まれたプロパゲーション・パターンをリード・ヘッドRで読み取り、磁気ヘッド4(ライト・ヘッドW)の位置を補正する。次に、書き込みが完了したトラック数が予め定められた整数Ncalの整数倍+Noffsであるかどうかを判断する(ステップS106)。

【0034】

ここで、トラック数が予め定められた整数Ncalの整数倍+Noffsでない場合は、所定のトラック数のトリガー・パターン、サーボ・パターン、プロパゲーション・パターンを書き終わったかどうかを判断し(ステップS107)、書き終わっていない場合はステップS105に戻って、さらにトリガー・パターン、サーボ・パターン、プロパゲーション・パターンの書き込みを続ける。一方、書き終わっている場合は一連の処理を終了する。一方、トラック数が予め定められた整数Ncalの整数倍+Noffsであった場合は、メジャーメント・パターンを用いたPESの線形性に関するキャリブレーション(図15参照)を行い、このキャリブレーションが終了した後、ステップS107に戻る。なお、Noffsとは、リード・ライト・オフセットRWoffsetに対応するトラック数である。また、キャリブレーションの詳細については後述する。

【0035】

ここで、図5を参照しながら、実際のトリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンの書き込みについて説明する。

図5は、既にトラック20A~20Dにトリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンが書き込まれた状態で、トラック20に書き込まれたサーボ・パターンをリード・ヘッドRで読みながら、次のトラック20Eにライト・ヘッドWでトリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込んでいる状態(ステップS105に対応する)を示している。同図から明らかなように、プロパゲーション・パターンP0~P7は、位置情報記憶領域21ではなく、データ記憶領域22内に書き込まれる。したがって、プロパゲーション・パターンP0~P7は、後でデータにより上書きされることになり実使用時には消去される。本実施の形態では、バースト・パターン記憶

領域B Pに書き込まれたバースト・パターン列A～Dをリード・ヘッドRで読み、リード・ヘッドRからパターンに応じて出力される信号(Position Error Signal: P E S)に基づいて自己サーボ書き込み時のライト・ヘッドWの位置制御を行う。

本実施の形態にかかる自己サーボ書き込みでは、図5に示すように、前に書いたトラックの一部領域を重ね書きするようにサーボ情報の書き込みが行われる。バースト・パターン列A～Dの部分は半分ずつ二度書きされており、そのパターンの位相の不一致は振幅に対する誤差となりうる。また、通常サーボに用いる位置信号は $(A-B)/(A+B)$ 、 $(C-D)/(C+D)$ である。一方プロパゲーション・パターンP0～P7は一度書きであるが、その幅はライト・ヘッドWの幅で規定されトラック・ピッチより狭い。このプロパゲーション・バーストのうち、リードの振幅を有する3個（もしくはそれ以上）のバーストから、例えば振幅の重み付け平均のような異なった計算方式の位置信号（補助位置信号）を形成することができる。この過程はこの補助位置信号でサーボ・パターンから作られる位置信号の適切な補正を行うことで、ヘッド決めの精度を向上させる。

【0036】

本実施の形態にかかるハード・ディスク・ドライブ1では、実使用時のサーボ制御に用いられるバースト・パターンを利用してサーボ制御を行いながら自己サーボ書き込みを行うようにしたので、従来の手法すなわちプロパゲーション・パターンを利用してサーボ制御を行いながら自己サーボ書き込みを行う場合と比較して、制御が容易になる。つまり、ハード・ディスク・ドライブ1が元々持っている制御系によって自己サーボ書き込みが行えることになる。したがって、ハード・ディスク・ドライブ1に内蔵されるHDC13やMPU12だけで自己サーボ書き込み時の処理能力を満足させることができ、より簡易に自己サーボ書き込みを行うことができる。また、その際、プロパゲーション・パターンを利用して信頼性の低いバースト・パターンの不定さを補償することにより、より正確な自己サーボ書き込みを行うことが可能になる。

【0037】

次に、上述したプロセスの各手順について詳細に説明する。

最初に、ステップS101すなわち磁気ディスク2の位置情報記憶領域21に

書き込むサーボ情報(トリガー・パターンを含む)のトラック・ピッチ(送りピッチ)を決定するプロセスについて詳細に説明する。図6は、トラック・ピッチを決定するためのプロセスを示すフローチャートである。

まず、VCM6にアクチュエータの速度が一定となるようなVCM電流 I_{vcm} を流して、磁気ヘッド4(アクチュエータ5)をランプ(図示せず)から磁気ディスク2上にロードすると共に、クラッシュ・ストップ9に向けて移動させる(ステップS201)。そして、VCM電流 I_{vcm} をきわめて大きな電流値 I_{max} に設定し(ステップS202)、クラッシュ・ストップ9にアクチュエータ5を強く突き当て、アクチュエータ5の先端に取り付けられた磁気ヘッド4(ライト・ヘッドW)を磁気ディスク2内側の所定位置に位置決めする。これと共に、プロパゲーション・バースト(Propagation Burst)のSlot番号Nを0に初期化する(ステップS203)。ここで、プロパゲーション・バーストは、トラック・ピッチを決定するのに用いられる特殊なバースト・パターンである。

【0038】

次に、ライト・ヘッドWを用いて、磁気ディスク2上にプロパゲーション・バーストのSlot Nを書き込む(ステップS204)。次いで、書き込んだプロパゲーション・バーストの振幅をリード／ライト・チャンネル11のBurst Demodulation機能(Burstの振幅を測定するリード／ライト・チャンネル11の機能)で読み(ステップS205)、書き込んだプロパゲーション・バーストがリード・ヘッドRで3Slot以上の振幅を確認できるかどうかを判断する(ステップS206)。

【0039】

そして、リード・ヘッドRでプロパゲーション・バーストを3Slot以上読めない場合は、Slot番号NをN+1に、VCM電流 I_{vcm} を $I_{vcm} - I_{delta}$ にそれぞれ設定し(ステップS207)、VCM6に流す電流を僅かだけ減少させることで、ライト・ヘッドWを少しだけ外側に移動させてステップS204に戻る。 I_{delta} の初期値は事前の実験により決定される値であるが、この I_{delta} は結果に応じて後で適宜修正される。ここで、図7(a)は、磁気ディスク2上にプロパゲーション・バーストSlot0を書き込んだ状態を例示している。この状態では、リード・ライト・オフセットRWoffsetの存在により、リード・ヘッドRがプロパゲーション・バース

トを 1 Slot も読めない状態にあることが理解される。また、図 7 (b) は、磁気ディスク 2 上にプロパゲーション・バースト Slot 0 ~ 9 を書き込んだ状態を示している。この例では、リード・ヘッド R がプロパゲーション・バーストを 3 Slot (Slot 0 ~ 2) 読める状態にあることが理解される。なお、図 7 (a) (b) において、距離 L_{Δ} は、VCM 電流 I_{vcm} を I_{Δ} だけ減少させたときに磁気ヘッド 4 (ライト・ヘッド W およびリード・ヘッド R) が移動する距離を示している。一方、リード・ヘッド R でプロパゲーション・バーストを 3 Slot 以上読めた場合は、読めたプロパゲーション・バーストのうち 1 番目のプロパゲーション・バースト (図 7 (b) に示す例では Slot 0) の振幅と 3 番目のプロパゲーション・バースト (図 7 (b) に示す例では Slot 2) の振幅との関係から、トラック・ピッチ (Track Pitch) を求める (ステップ S 2 0 8)。

【 0 0 4 0 】

次に、求められたトラック・ピッチが適正な範囲内にあるかどうかを判断し (ステップ S 2 0 9)、トラック・ピッチが適正な範囲内でない場合には、 I_{Δ} の値を適宜調整する (ステップ S 2 1 0)。例えば、トラック・ピッチが適正な範囲よりも大きかった場合には I_{Δ} を現状よりも小さい値に再設定し、トラック・ピッチが適正な範囲よりも小さかった場合には I_{Δ} を現状よりも大きい値に再設定する。そして、 I_{Δ} を調整した後は、クラッシュ・ストップ 9 側にアクチュエータ 5 を移動させながら書き込んだプロパゲーション・バーストをライト・ヘッド W で消去して (ステップ S 2 1 1) ステップ S 2 0 2 に戻り、上述した手順により再度トラック・ピッチの決定を行う。

一方、トラック・ピッチが適正な範囲内にあった場合には、 I_{Δ} と、リード・ライト・オフセット RW_{offset} に相当する距離だけ磁気ディスク 2 上でアクチュエータ 5 を動かすのに必要な電流値 I_{offset} とを確定する (ステップ S 2 1 2)。そして、クラッシュ・ストップ 9 側にアクチュエータ 5 を移動させながら書き込んだプロパゲーション・バーストをライト・ヘッド W で消去し (ステップ S 2 1 3)、一連の処理を終了する。なお、上述した I_{Δ} および I_{offset} は、RAM 1 5 に記憶される。

【 0 0 4 1 】

次いで、ステップ S 1 0 2 すなわちトリガー・パターンの書き込み時間差を決定するプロセスについて詳細に説明する。図 8 ～図 1 0 は、トリガー・パターンの書き込み時間差を決定するためのプロセスを示すフローチャートである。

まず、VCM 6 に VCM 電流 $I_{vcm} = I_{max}$ を流して(ステップ S 3 0 1)、クラッシュ・ストップ 9 にアクチュエータ 5 を強く突き当て、アクチュエータ 5 の先端に取り付けられた磁気ヘッド 4 (ライト・ヘッド W) を磁気ディスク 2 内側の所定位置に位置決めする。次に、Cluster を $K=0$ に設定し(ステップ S 3 0 2)、磁気ディスク 2 の一周を Msect 等分した位置に、ライト・ヘッド W によって Cluster 0 のシリンダ C0 にトリガー・パターン TP1 (Trigger Pattern 1) を書き込む(ステップ S 3 0 3)。トリガー・パターン TP1 は、磁気ディスク 2 が一周する毎に発生する Index 信号に基づき、この Index 信号の検出から所定時間ディレイをかけた状態で書き込みを開始し、その後所定の時間間隔で書き込みを行うことによって磁気ディスク 2 に記録される。なお、磁気ディスク 2 の一周を何等分するかは、目的とするハード・ディスク・ドライブ 1 により異なる。また、Cluster とは、トラック・ピッチが揃った一つながりのトラック群を意味する。

【 0 0 4 2 】

次に、VCM 6 に流す VCM 電流を $I_{vcm} = I_{vcm} - I_{offset}$ に設定し(ステップ S 3 0 4)、トリガー・パターン TP1 を書き込んだ位置にリード・ヘッド R を移動させる。そして、リード・ヘッド R によって書き込まれたトリガー・パターン TP1 を読み出すと共に、読み出したトリガー・パターンの信号をリード／ライト・チャンネル 1 1 に送る。リード／ライト・チャンネル 1 1 では、トリガー・パターン TP1 (J) ($J = 0 \sim Msect - 1$) の出力 AMP (J) および隣接するトリガー・パターン TP1 間の時間間隔 TPD1 (J) を測定し(ステップ S 3 0 5)、MPU 1 2 において得られた出力 AMP (J) および時間間隔 TPD1 (J) が適正であるか否かを判断する(ステップ S 3 0 6)。

【 0 0 4 3 】

ここで、得られた出力 AMP (J) および時間間隔 TPD1 (J) が適正でなかった場合は、磁気ディスク 2 に書き込まれたトリガー・パターン TP1 を消去しながら磁気ヘッド 4 (アクチュエータ 5) をクラッシュ・ストップ 9 側へと移動させる(ステップ S 3 0 7)。そして、VCM 6 に VCM 電流 $I_{vcm} = I_{max}$ を流して(ステップ S 3 0 8

)、クラッシュ・ストップ9にアクチュエータ5を強く突き当て、アクチュエータ5の先端に取り付けられた磁気ヘッド4(ライト・ヘッドW)を所定位置に位置決めする。そして、トリガー・パターンTP1(J)の書き込みタイミング、すなわち、Index信号の検出からトリガー・パターンTP1(J)の書き込みを開始するまでのデレイ量を変更して、再度磁気ディスク2の一周をMsect等分した位置に、ライト・ヘッドWによってCluster0のシリンダC0にトリガー・パターンTP1(Trigger Pattern 1)を書き込む(ステップS309)。その後、ステップS304に戻って処理を続行する。一方、得られた出力AMP(J)および時間間隔TPD1(J)が適正であった場合は、次に、VCM電流Ivcmを調整して、リード・ヘッドRがCluster KのTP1(J)の最内周の内側X%を読む位置にアクチュエータ5を移動させる(ステップS310)。なお、Xの値は適宜設定される。

【0044】

そして、Cluster KのKの値が0であるか否かを判断し(ステップS311)、0ではない場合は、同じ位置に磁気ヘッド4を維持した状態で、リード・ヘッドRによりCluster K-1のTP2(J)およびCluster KのTP3(J)が両方読めるかチェックする(ステップS312)。次に、リード・ヘッドRによりCluster K-1のTP2(J)およびCluster KのTP3(J)が両方読める場合には、Cluster K-1のTP2(J)およびCluster KのTP3(J)の時間差mが測定でき(ステップS313)、得られた時間差mから書き込み時間間隔TP1Wの値を補正し(ステップS314)、処理を終了する。ここで、書き込み時間間隔TP1Wは、リード・ヘッドRで書き込み済みのトリガー・パターンを読んでから、ライト・ヘッドWで次のトリガー・パターンの書き込みを開始するまでの時間間隔である。

【0045】

一方、リード・ヘッドRによりCluster K-1のTP2(J)およびCluster KのTP3(J)が両方読めない場合は、各トリガー・パターンTP1のSync Markをリード／ライト・チャンネル11で検出し、得られたトリガー・パターンTP1(J)間の時間間隔TP1D(J)から次のセクタの書き込み時間間隔TP1W(J+1)を決定し、ライト・ヘッドWによってCluster K+1にTP1(J+1)およびTP3(J+1)を書き込む(ステップS315)。

また、ステップS311において、Cluster KのKの値が0の場合は、Cluster

K+1のTP1(J+1)を書き込む(ステップS 3 1 6)。

【0 0 4 6】

次いで、VCM電流IvcmをIvcm-Ideltaに設定し(ステップS 3 1 7)、VCM 6に流す電流を僅かだけ減少させることで、次の書き込み位置にアクチュエータ 5すなわち磁気ヘッド4(ライト・ヘッドW)を移動させる。そして、各トリガー・パターンTP1のSync Markをリード／ライト・チャンネル11で検出し、得られたトリガー・パターン間の時間間隔TP1D(J)から次のセクタの書き込み時間間隔TP1W(J+1)を決定し、Cluster K+1のトリガー・パターンTP1(J+1)を書き込む(ステップS 3 1 8)。

【0 0 4 7】

そして、トリガー・パターンTP1(J)の出力AMP(J)および隣接するトリガー・パターンTP1間の時間間隔TP1D(J)が適正であるか否かを判断する(ステップS 3 1 9)。ここで、TP1(J)の出力AMP(J)および隣接するトリガー・パターンTP1間の時間間隔TP1D(J)が適正である場合には、ステップS 3 1 7に戻り処理を続行する。一方、TP1(J)の出力AMP(J)および隣接するトリガー・パターンTP1間の時間間隔TP1D(J)が適正でない場合は、次に、リード・ヘッドRがCluster Kの最外周にあるか否かを判断する(ステップS 3 2 0)。ここで、リード・ヘッドRがCluster Kの最外周にある場合は、次に、VCM電流Ivcmを調整して、リード・ヘッドRがCluster KのTP1(J)の最内周の内側X%を読む位置にアクチュエータ 5を移動させる(ステップS 3 2 1)。さらに、各トリガー・パターンTP1のSync Markをリード／ライト・チャンネル11で検出し、得られたトリガー・パターン間の時間間隔TP1D(J)から次のセクタの書き込み時間間隔TP1W(J+1)を決定し、ライト・ヘッドWによってCluster K+1にTP1(J+1)およびTP2(J+1)を書き込む(ステップS 3 2 2)。そして、トリガー・パターンTP1(J)の出力AMP(J)および隣接するトリガー・パターンTP1間の時間間隔TP1D(J)が適正であるか否かを判断する(ステップS 3 2 3)。ここで、TP1(J)の出力AMP(J)および隣接するトリガー・パターンTP1間の時間間隔TP1D(J)が適正である場合には、K=K+1に設定し(ステップS 3 2 4)、ステップS 3 1 0に戻って処理を続行する。

【0 0 4 8】

一方、TP1(J)の出力AMP(J)および隣接するトリガー・パターンTP1間の時間間隔TP1D(J)が適正でない場合、および、ステップS 3 2 0においてリード・ヘッドRがCluster Kの最外周にない場合は、書き込まれたデータに欠陥があったものと判断し、次に、欠陥があったセクタの全パターンを消しながら欠陥パターンを書き込んだトラックに戻る(ステップS 3 2 5)。そして、トリガー・パターンTP1間の時間間隔TP1D(J)を検出しながら欠陥が発生したセクタを書き直し(ステップS 3 2 6)、ハード・ディスク・ドライブ1のサーボ制御によりリード・ヘッドRを次のセクタに移動する(ステップS 3 2 7)。ここでリード・ヘッドRが欠陥セクタのあった場所にあるかどうかを判断し(ステップS 3 2 8)、リード・ヘッドRが欠陥セクタのあった場所でない場合は、ステップS 3 2 6に戻って処理を続行する。

【0049】

一方、リード・ヘッドRが欠陥セクタのあった場所にある場合は、次に、リード・ヘッドRによってトリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンが検出できるか否かを判断する(ステップS 3 2 9)。なお、図中では、トリガー・パターンをTP、サーボ・パターンをSP、プロパゲーション・パターンをPPと表示している(以下同じ)。ここで、リード・ヘッドRによってトリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンが検出できない場合は、次に、リード・ヘッドRを欠陥パターンを書き込んだセクタに戻し(ステップS 3 3 0)、TP1(J)を検出してTP1D(J)を測定しながら欠陥セクタで通常のディレイTWと異なる特殊なディレイTWMDでTP1(J)を書き込み、書き込み時のTP1D(J)、TP1MDを取り込みバッファに格納する(ステップS 3 3 1)。そして、リード・ヘッドRを欠陥セクタのあったトラックに戻し(ステップS 3 3 2)、ステップS 3 1 8に戻る。

【0050】

ここで、図11および図12を参照しながら、実際のトリガー・パターンの書き込み時間差の決定例を説明する。なお、図11および図12において、■はこの過程で書き込んだトリガー・パターンを意味し、□はこれ以前の過程で書き込んだトリガー・パターンを意味している。

図 11(a)は、VCM 6 に VCM 電流 $I_{vcm} = I_{max}$ を流して、クラッシュ・ストップ 9 にアクチュエータ 5 を強く突き当て、アクチュエータ 5 の先端に取り付けられた磁気ヘッド 4 (リード・ヘッド R、ライト・ヘッド W) を所定位置に位置決めした状態を示している。この状態で、Cluster K=0 のシリンダ C0 に、トリガー・パターン TP1 を順次書き込んでいく。

【0051】

図 11(b)は、VCM 電流 I_{vcm} を調整して、リード・ヘッド R が Cluster K=0 の TP1(J) の最内周の内側 X% (図中では約 30%) を読む位置にアクチュエータ 5 を移動させた状態を示している。この状態で、Cluster K=0 のシリンダ C0 に書き込まれたトリガー・パターン TP1(J) をリード・ヘッド R で読み、読み出されたトリガー・パターン TP1(J) の検出タイミングに基づいて、Cluster K=1 のシリンダ C1 にトリガー・パターン TP1(J+1) を順次書き込んでいく。このとき、Cluster K=0 のシリンダ C0 に書き込まれたトリガー・パターン TP1(J) と、Cluster K=1 のシリンダ C1 に書き込まれたトリガー・パターン TP1(J) との間に時間ずれが生じなければよいのであるが、実際には時間のずれ d が生じてしまう。なお、時間のずれ d は、ハード・ディスク・ドライブ 1 の個体差(リード・ライト・オフセット RW_{offset} や回路遅延量の違い)によるものであり、1 台毎に異なった値となる。

【0052】

図 11(c)は、VCM 電流 I_{vcm} を調整して、リード・ヘッド R が Cluster K=0 の TP1(J) の最外周の外側 X% (図中では約 30%) を読む位置にアクチュエータ 5 を移動させた状態を示している。この状態で、Cluster K=0 のシリンダ C0 に書き込まれたトリガー・パターン TP1(J) をリード・ヘッド R で読み、読み出されたトリガー・パターン TP1(J) の検出タイミングに基づいて、Cluster K=1 のシリンダ C2 にトリガー・パターン TP1(J+1) を順次書き込んでいく。なお、時間のずれ d は Cluster K=1 のシリンダ C1 のトリガー・パターン TP1(J+1) を書き込むときと全く同じであるため、Cluster K=1 のシリンダ C1 のトリガー・パターン TP1(J+1) および Cluster K=1 のシリンダ C2 のトリガー・パターン TP1(J+1) は同じタイミングで書き込まれる(時間のずれは生じない)。続いて、Cluster K=0 のシリンダ C0 に書き込まれたトリガー・パターン TP1(J) をリード・ヘッド R で読み、読み出されたトリガー・パタ

ーンTP1(J)の検出タイミングから所定のディレイをかけ、Cluster K=1のシリンダC2にトリガー・パターンTP2(J+1)を順次書き込んでいく。このとき、加わるディレイの時間はリード／ライト・チャンネル11内のクロック11aを用いたタイマーで管理されている。このため、Cluster K=1のシリンダC2に書き込まれたトリガー・パターンTP1(J)とトリガー・パターンTP2(J)との時間差 t_1 は既知の値となり、この値がRAM15に格納される。

【0053】

図12(a)は、VCM電流 I_{vcm} を調整して、リード・ヘッドRがCluster K=1のTP1(J)の最内周の内側X%(図中では約30%)を読む位置にアクチュエータ5を移動させた状態を示している。この状態で、Cluster K=1のシリンダC1に書き込まれたトリガー・パターンTP1(J)をリード・ヘッドRで読み、読み出されたトリガー・パターンTP1(J)の検出タイミングに基づいて、Cluster K=2のシリンダC3にトリガー・パターンTP1(J+1)を順次書き込んでいく。なお、この場合もCluster K=1のシリンダC1に書き込まれたトリガー・パターンTP1(J)に対してCluster K=2のシリンダC3に書き込まれるトリガー・パターンTP1(J)はdだけ時間がずれる。続いて、Cluster K=1のシリンダC1に書き込まれたトリガー・パターンTP1(J)をリード・ヘッドRで読み、読み出されたトリガー・パターンTP1(J)の検出タイミングから所定のディレイをかけ、Cluster K=2のシリンダC3にトリガー・パターンTP3(J+1)を順次書き込んでいく、このとき、加わるディレイの時間はリード／ライト・チャンネル11内のクロック11aを用いたタイマーで管理されている。このため、Cluster K=2のシリンダC3に書き込まれたトリガー・パターンTP1(J)とTP3(J)との時間差 t_2 は既知の値となり、この値がRAM15に格納される。

【0054】

図12(b)は、VCM電流 I_{vcm} を調整して、リード・ヘッドRがCluster K=2のTP1(J)の最内周の内側X%(図中では約30%)を読む位置にアクチュエータ5を移動させた状態を示している。この状態で、リード・ヘッドRが、Cluster K=2のシリンダC3に書き込まれたTP1(J)およびTP3(J)に加え、Cluster K=1のシリンダC2に書き込まれたTP1(J)およびTP2(J)を読めるかどうかを確認される。なお、図11(b)に示す例では、リード・ヘッドRがこれらを読める状態にある。

このとき、Cluster K=1のシリンダC2に書き込まれたトリガー・パターンTP2(J)と、Cluster K=2のシリンダC3に書き込まれたトリガー・パターンTP3(J)との間の時間差mは、

$$m = t_2 - t_1 + d$$

で表される。そこで、この式を変形すると、

$$d = m + t_1 - t_2$$

となり、 t_1 および t_2 が既知であるほか、時間差mはリード・ヘッドRで読むことにより測定可能であるため、Cluster K=0のシリンダC0に書き込まれたトリガー・パターンTP1(J)と、Cluster K=1のシリンダC1に書き込まれたトリガー・パターンTP1(J)との間の時間ずれdを求めることができる。そして、この時間のずれdを補正することにより、磁気ディスク2の円周方向に隣接するトリガー・パターン間のずれをなくすることが可能になる。なお、リード・ヘッドRが、Cluster K=2のシリンダC3に書き込まれたTP1(J)およびTP3(J)に加え、Cluster K=1のシリンダC2に書き込まれたTP1(J)およびTP2(J)を読めない場合は、これらが読めるようになるまでトリガー・パターンの書き込みを続けることになる。

【0055】

本実施の形態では、リード・ヘッドRとライト・ヘッドWとの間に存在するリード・ライト・オフセットRWoffsetを利用して、トリガー・パターンの書き込み位置および書き込みタイミング(磁気ディスク2の円周方向および半径方向の書き込み位置)を決定するようにしたので、専用のクロック・ヘッドを用いて磁気ディスク2の外周側にクロック・データを書き込む必要がなくなり、より簡易な手法で自己サーボ書き込みを行うことができる。また、タイミングを決定するためのタイマーで利用するクロック11aは、リード／ライト・チャンネル11に内蔵されるものを使用しているため、構成が複雑化することはない。

【0056】

次に、ステップS103すなわちVCM電流制御に基づいて磁気ディスク2にトリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込むプロセスについて詳細に説明する。図13は、VCM電流制御に基づく自己

サーボ書き込みプロセスを示すフローチャートである。なお、ここでは、ステップ S 1 0 4 も含めて説明を行うことにする。

まず、VCM電流 I_{vcm} を調整して、直前のCluster(TP2とTP3とを重ねて読むことのできたClusterの一つ前のCluster)の最内周に磁気ヘッド4を戻す(ステップ S 4 0 1)。次いで、このトラックで、トリガー・パターンTP1(J)の時間間隔TP1D(J)を測定する(ステップ S 4 0 2)。そして、TP1(J)が検出できるか否かを判断し(ステップ S 4 0 3)、TP(J)を検出できない場合は、図9に示すプロセスで欠陥セクタの書き直しを行った後でステップ S 4 0 2に戻る。一方、TP(J)を検出できた場合は、得られたトリガー・パターンTP1(J)間の時間間隔TP1D(J)と、既に求めた時間差 d との時間差 $TP1D(J) - d$ をタイミングのディレイTWに設定する(ステップ S 4 0 4)。

【0057】

次に、トリガー・パターンTP1(J)を検出して、トリガー・パターンTP1(J)間の時間間隔TP1D(J)を測定しながら、トラック・ピッチTP1(J)後ディレイTWが書き込みトラックのトリガー・パターン(TP)となるように、トリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む(ステップ S 4 0 5)。そして、この書き込み時におけるトリガー・パターンTP1(J)間の時間間隔TP1D(J)、次のセクタの書き込み時間間隔TP1W(J)を取り込みバッファに格納する(ステップ S 4 0 6)。

【0058】

次いで、VCM電流を $I_{vcm} - I_{delta}$ に設定し(ステップ S 4 0 7)、この状態でアクチュエータ5がクラッシュ・ストップ9に当たっているかどうかを判断する(ステップ S 4 0 8)。ここで、アクチュエータ5がクラッシュ・ストップ9に当たっている場合は、次に、その位置でリード・ヘッドRがサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを検出できるか否かを判断する(ステップ S 4 0 9)。ここで、リード・ヘッドRがサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを検出できる場合は、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを用いてアクチュエータ5をサーボ制御できるか否かを判断し(ステップ S 4 1 0)、サーボ制御できる場合は、VCM電流制御による自己サーボ書き込みを終了する。

一方、ステップS408において、アクチュエータ5がクラッシュ・ストップ9に当たっていない場合は、アクチュエータ5が戻りながら書き込んだパターンを消去し(ステップS411)、再びIdeltaの測定からプロセスをやり直す。また、ステップS409においてリード・ヘッドRがサーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを検出できない場合、および、ステップS410においてサーボ制御ができなかった場合は、ステップS402に戻って処理を続行する。

【0059】

次に、ステップS105すなわちサーボ制御に基づいて磁気ディスク2にトリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込むプロセスについて詳細に説明する。図14および図15は、サーボ制御に基づく自己サーボ書き込みプロセスを説明するフローチャートである。また、図16は、プロパゲーション・パターンP0～P7が書き込まれた状態を示す図である。なお、ここでは、ステップS106も含めて説明を行うことにする。

まず、ライト・ヘッドWで磁気ディスク2に既書き込んだサーボ・パターンをリード・ヘッドRで読み、これに基づいてアクチュエータ5にサーボをかける(ステップS501)。次いで、このトラックで、トリガー・パターンTP1(J)の時間間隔TP1D(J)を測定する(ステップS502)。そして、TP1(J)が検出できるか否かを判断し(ステップS503)、TP(J)を検出できない場合は、図10に示すプロセスで欠陥セクタの書き直しを行った後でステップS502に戻る。一方、TP(J)を検出できた場合は、得られたトリガー・パターンTP1(J)間の時間間隔TP1D(J)と、既に求めた時間差dとの時間差 $TP1D(J) - d$ をタイミングのディレイTWに設定する(ステップS504)。

【0060】

次に、トリガー・パターンTP1(J)を検出して、トリガー・パターンTP1(J)間の時間間隔TP1D(J)を測定しながら、トラック・ピッチTP1(J)後ディレイTWが書き込みトラックのトリガー・パターン(TP)となるように、トリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを書き込む(ステップS505)。そして、この書き込み時におけるトリガー・パターンTP1(J)間の時間間隔TP1D(J)、次のセクタの書き込み時間間隔TP1W(J)を取り込みバッファに格納する(ステップ

S 5 0 6)。

【0061】

次いで、書き込み時にトリガー・パターンTP1(J)、次のセクタの書き込み時間間隔TP1D(J)が正常であったか否かを判断し(ステップS 5 0 7)、正常でなかった場合にはステップS 5 0 5に戻る。一方、正常であった場合は、サーボにより磁気ヘッド4を次のトラックに移動させる(ステップS 5 0 8)。そして、リード・ヘッドRが磁気ディスク2上にあるか否かを判断し(ステップS 5 0 9)、リード・ヘッドRが磁気ディスク2上にない場合は、次に、所定のトラック数を書き終えたかどうかを判断する(ステップS 5 1 0)。ここで、所定のトラック数を既に書き終えている場合は、自己サーボ書き込みのすべての処理を終了する。また、所定のトラック数を書き終えていなかった場合は、書けたトラック数から今回の自己サーボ書き込みにおける実際のトラック・ピッチを求め、これに基づいて所定のトラック数を書き込むために必要な新しいトラック・ピッチを計算し(ステップS 5 1 1)、再び最初から自己サーボ書き込みを行う。

なお、「トリガー・パターンTP1(J)が正常である」とは、トリガー・パターンTP1(J)のAMP(J)が正常であることは勿論のこと、書かれているパターンそのものに異常がなくタイミング信号が検出できる状態をいう。トリガー・パターンは、上述したように周期信号であるSyncと定型信号のSync Markとで構成されており、この定型分に局所的に欠陥等があってもトリガーとして検出できなくなってしまう。

【0062】

また、ステップS 5 0 9において、リード・ヘッドRが磁気ディスク2上にあった場合は、次に、トラック数が予め決められた整数Ncalの整数倍+Noffsであるかどうかを判断し(ステップS 5 1 2)、トラック数が予め決められた整数Ncalの整数倍+Noffsでない場合はステップS 5 0 2に戻って処理を続行する。一方、トラック数が予め決められた整数Ncalの整数倍+Noffsであった場合は、次に、キャリブレーションを行う。なお、Noffsとは、リード・ライト・オフセットR Woffsetに対応するトラック数である。そして、Ncalの整数倍+Noffsの大きさは、例えば1000近傍に設定される。

【0063】

まず、リード・ヘッドRを整数NcalのP倍(初期値は0)の位置におき(ステップS513)、次いで、PESを-128に設定してヘッドをこの位置に移動する(ステップS514)。次に、トリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンとは異なるタイミングで、これらトリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンとは異なる領域にメジャーメント・パターン(MP)を書く(ステップS515)。このメジャーメント・パターンMPを書き込むときのPESの値をWPESとする。そして、リード・ヘッドRをNoffsだけ(RWoffsだけ)移動させてNcal+Noffsのトラックにおき(ステップS516)、このトラックで測定したPES(MPES)をStep移動しながらメジャーメント・パターンのプロファイルを測定し(ステップS517)、各WPESに対応するメジャーメント・パターンの中心のMPESを得、バッファに格納する(ステップS518)。さらに、 $WPES = WPES + DPES$ とする(ステップS519)。ここでDPESは、メジャーメント・パターンのプロファイルをみるために必要なリソリューション・ステップであり、1以上の整数となる。その後、WPESが128を超えたか否かを判断し(ステップS520)、WPESが128を超えていない場合はステップS515に戻って処理を続行する。一方、WPESが128を超えている場合は $P = P + 1$ に設定する(ステップS521)。

【0064】

次いで、この計算ルーチンに来たのが2回目以降であるか否かを判断し(ステップS522)、2回目以降でない場合(初回)は、そのままステップS502に戻り、処理を続行する。一方、2回目以降である場合は、前回この計算ルーチンが呼び出されたときのWPES/MPESの関係をバッファから呼び出す(ステップS523)。そして、前回のWPES/MPESの関係と今回のWPES/MPESとの関係から、PESとリード・ヘッドRとの関係を線形化する(ステップS524)。さらに、線形化されたPESをベースに、次にこの計算ルーチンが呼び出されるまでの各ステップのサーボ・ライトを行うPESの位置を決定し(ステップS525)、ステップS502に戻る。

【0065】

ここで、上述したステップ S 5 2 4 すなわち PES とリード・ヘッド R との関係を線形化するプロセスについて詳細に説明する。図 1 6 は、ステップ S 5 2 4 を説明するフローチャートである。

まず、測定回数毎の MPES-WPES を $\Delta \text{PES}[P]$ とおき (ステップ S 6 0 1)、次いで、前回の測定と今回の測定での ΔPES を比較し、

$$\Delta \text{PES}[P] (\text{WPES} + \Delta \text{WPES}) - \Delta \text{PES}[P-1] (\text{WPES}) = \Delta \text{WPES}$$

の関係を満たす WPES 軸上の値 ΔWPES を求める (ステップ S 6 0 2)。

ここで、 $P \times \text{Ncal}$ に対して Noffs の物理的な値は一定となるが、値自体は P の値毎に異なる値となる。これを $\text{Noffs}[P]$ と表現すると、 ΔWPES はこれを測定した結果となっている。そこで、

$$f'(\text{WPES} + \Delta \text{WPES}/2) = (\text{Noffs}[P] - \text{Noffs}[P-1]) / (\Delta \text{WPES}[P] - \Delta \text{WPES}[P-1])$$

を求める (ステップ S 6 0 3)。

そして、求められた式の導関数、すなわち、

$$f(\text{WPES} + \Delta \text{WPES}/2) = \int [f'(\text{WPES} + \Delta \text{WPES}/2)] d(\text{WPES} + \Delta \text{WPES}/2)$$

を求める (ステップ S 6 0 4) ことで、両者を線形化することが可能になる。

【0066】

本実施の形態では、上述したプロセスによって、一つのバースト・パターン内においてもライト・ヘッド W の位置を特定できるようにした。したがって、磁気ヘッド 4 (リード・ヘッド R およびライト・ヘッド W) の位置をより精密に制御することができる。

特に、自己サーボ書き込みの場合は、いつも同じ PES 値で自己サーボ書き込みを行いながら磁気ディスク 2 の半径方向に伝搬していくと、アクチュエータ 5 のスキューとの関係からトラック・ピッチが変化してしまうことになる。そこで、上述した関係式からトラック・ピッチを一定にするように各ステップにおける PES 値を求めることが好ましい。

なお、上述した磁気ヘッド 4 の位置制御すなわち PES と磁気ヘッド 4 の物理的位置とを関連づけた制御手法は、自己サーボ書き込み時だけでなく、自己サーボ書き込みを終えた後の実使用時においても適用することが可能である。

【0067】

最後に、PESとリード・ヘッドRの位置との関係について詳細に説明する。

磁気ディスク2上のリード・ヘッドRの物理的な位置を $y(\mu\text{m})$ 、そのときに得られるPES(Position Error Signal)信号の大きさを $x(\text{PES})$ とすると、両者の関係は例えば図17(a)のように表される。つまり、 x と y とは、互いの関数

$$x = f(y)$$

として表現することができる。

本実施の形態で用いた磁気ヘッド4では、リード・ヘッドRおよびライト・ヘッドWの位置が異なり、リード・ライト・オフセットR Woffsetが存在する。ここでは、これらリード・ヘッドRおよびライト・ヘッドWのトラック内の位置のみに興味がある。そこで、実際には異なるトラック内に存在するリード・ヘッドRおよびライト・ヘッドWのトラックの端からの距離を調べ、これらが同一トラック内に存在するものとみなすことにする。

【0068】

ある位置 x_1 にリード・ヘッドRを持ってきたときに図17(b)のようになったとする。このときライト・ヘッドWは位置 x_1 にあり、これら二つのヘッドが同一トラック内にあるとみなしたときのR Woffsetの値は Z となる。ライト・ヘッドWの位置は、位置 x_0 にリード・ヘッドRがあるときにライト・ヘッドWで書き込み動作をし、どの場所へ書き込まれた情報があるかをリード・ヘッドRで調べることにより判明する。

同一トラック内では、 Z は十分一定であるといえるが、それを測定した結果である

$$z = x_1 - x_0$$

は一定とはならない。 z は x の関数として表される。

【0069】

さて、リード・ライト・オフセットR Woffsetは、磁気ディスク2の半径方向によって異なるため、別な位置では Z' なる値をとることになる。このとき、

$$\Delta y = Z - Z'$$

とすると、同一トラック内では十分に一定であることから Δy は一定であることがわかる。一方、 Δy をPESで測定した結果である Δx は、 $x = f(y)$ が直線

ではないため一定にならない。

【0 0 7 0】

Δx は、リード・ライト・オフセット $RWoffset$ が Z および Z' の場合で、これら二つの場合における $r(x)$ の測定結果が、図 1 7 (c) に示すような位置関係にあれば求まる。

つまり、図 1 7 (c) より

【0 0 7 1】

【数 1】

$$f^{-1}(x_0') + R' = f^{-1}(x_0) + R$$

【0 0 7 2】

を満たす x_0' が x_0 に対して求まれば、 Δx は求まる。

y 軸上の値は得られないため、これを x 軸上の値を用いて解く。 $r(x)$ と同様にして、 R' に対して $r(x)$ を求める。このとき、 x_0 および x_0' は、以下の関係式を満たす。

$$x_0 + r(x_0) = x_0' + r'(x_0')$$

これを図示すると、図 1 8 のようになる。

【0 0 7 3】

これにより、 Δx と Δy との比から、の位置での $x = f(y)$ の傾きが求まり、

【0 0 7 4】

【数 2】

$$f'(y_0) = \frac{(x_0' - x_0)}{\Delta y}$$

【0 0 7 5】

なる差分方程式が求まる。

測定点は x 軸上の情報しか与えないため、これを x の関数に改めると、

【0 0 7 6】

【数 3】

$$f'^{-1}(x_0) = \frac{\Delta y}{(x'_0 - x_0)}$$

【0077】

が得られる。

そして、測定結果に対して適切な処理を施すことでこれを x の関数として表現し、 x について積分することで目的とする関数を得ることができる。

【0078】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、データ記憶装置自身のハードウェアを用いてディスク状記憶媒体上に何もパターンがない状態から自己サーボ書き込みを行うことができる。

また、本発明によれば、より精密なヘッドの位置制御を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 ハード・ディスク・ドライブの主要部を示すブロック図である。

【図 2】 ハード・ディスク・ドライブの要部を示す上面図である。

【図 3】 磁気ディスクの表面に形成された位置情報記憶領域およびデータ記憶領域の一部拡大図である。

【図 4】 自己サーボ書き込みプロセスを示すフローチャートである。

【図 5】 磁気ディスクの表面に書き込まれるトリガー・パターン、サーボ・パターンおよびプロパゲーション・パターンを示す図である。

【図 6】 トラック・ピッチを決定するためのプロセスを示すフローチャートである。

【図 7】 (a)(b)は磁気ディスク上にプロパゲーション・バーストを書き込んだ状態を示す図である。

【図 8】 トリガー・パターンの書き込み時間差を決定するためのプロセスを示すフローチャートである。

【図 9】 トリガー・パターンの書き込み時間差を決定するためのプロセスを示すフローチャート(つづき)である。

【図 10】 トリガー・パターンの書き込み時間差を決定するためのプロセスを示すフローチャート(つづき)である。

【図 11】 (a)～(c)はトリガー・パターンの書き込み時間差を決定するためのプロセスにおけるトリガー・パターンの書き込み手法を説明する図である。

【図 12】 (a)(b)はトリガー・パターンの書き込み時間差を決定するためのプロセスにおけるトリガー・パターンの書き込み手法を説明する図(つづき)である。

【図 13】 VCM電流制御に基づく自己サーボ書き込みプロセスを示すフローチャートである。

【図 14】 サーボ制御に基づく自己サーボ書き込みプロセスを説明するフローチャートである。

【図 15】 サーボ制御に基づく自己サーボ書き込みプロセスを説明するフローチャート(つづき)である。

【図 16】 PESとリード・ヘッドの位置との関係を線形化するプロセスを説明するフローチャートである。

【図 17】 (a)～(c)はPESとリード・ヘッドの位置との関係を線形化するためのプロセスを説明する図である。

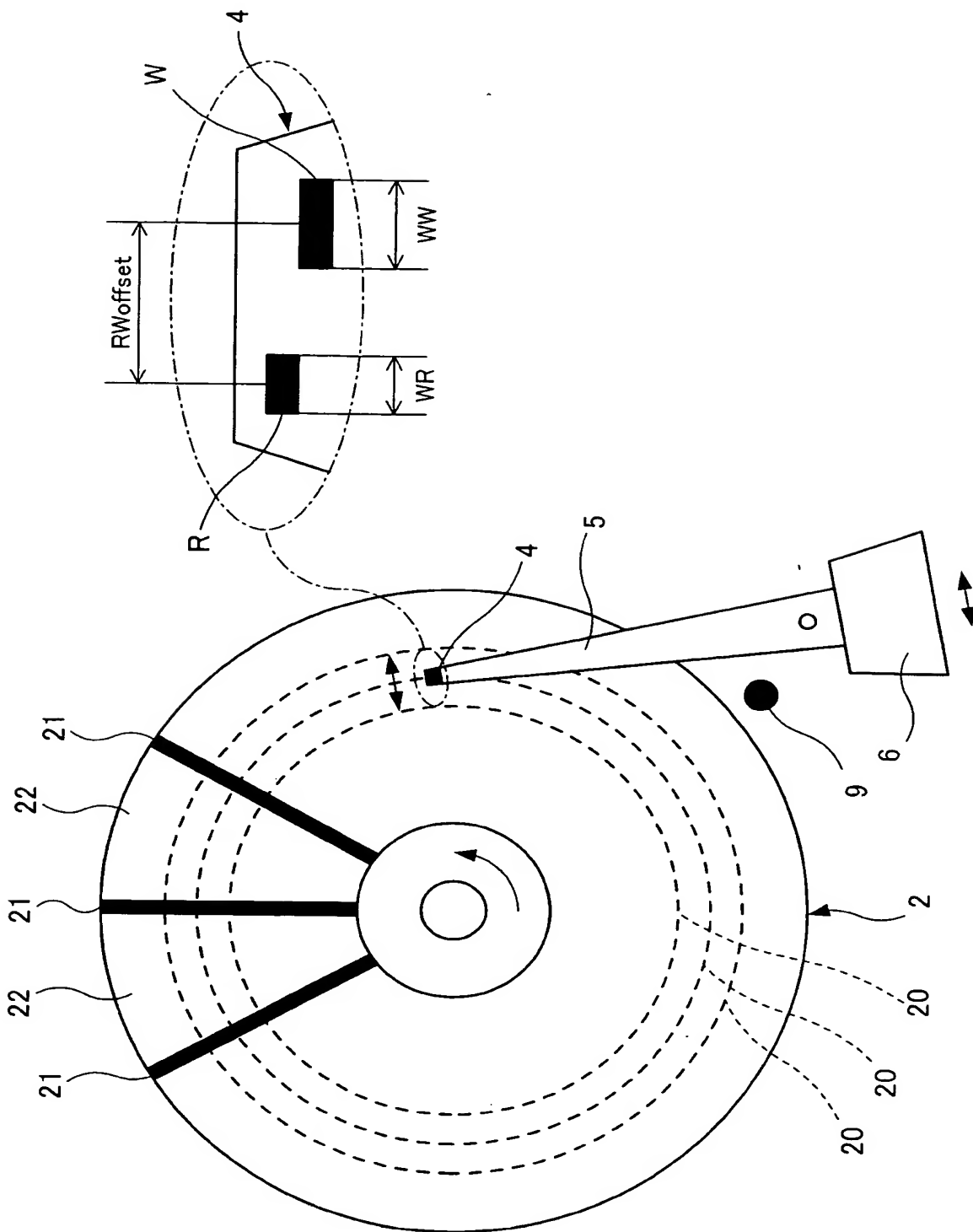
【図 18】 PESとリード・ヘッドの位置との関係を線形化するためのプロセスを説明する図(つづき)である。

【符号の説明】

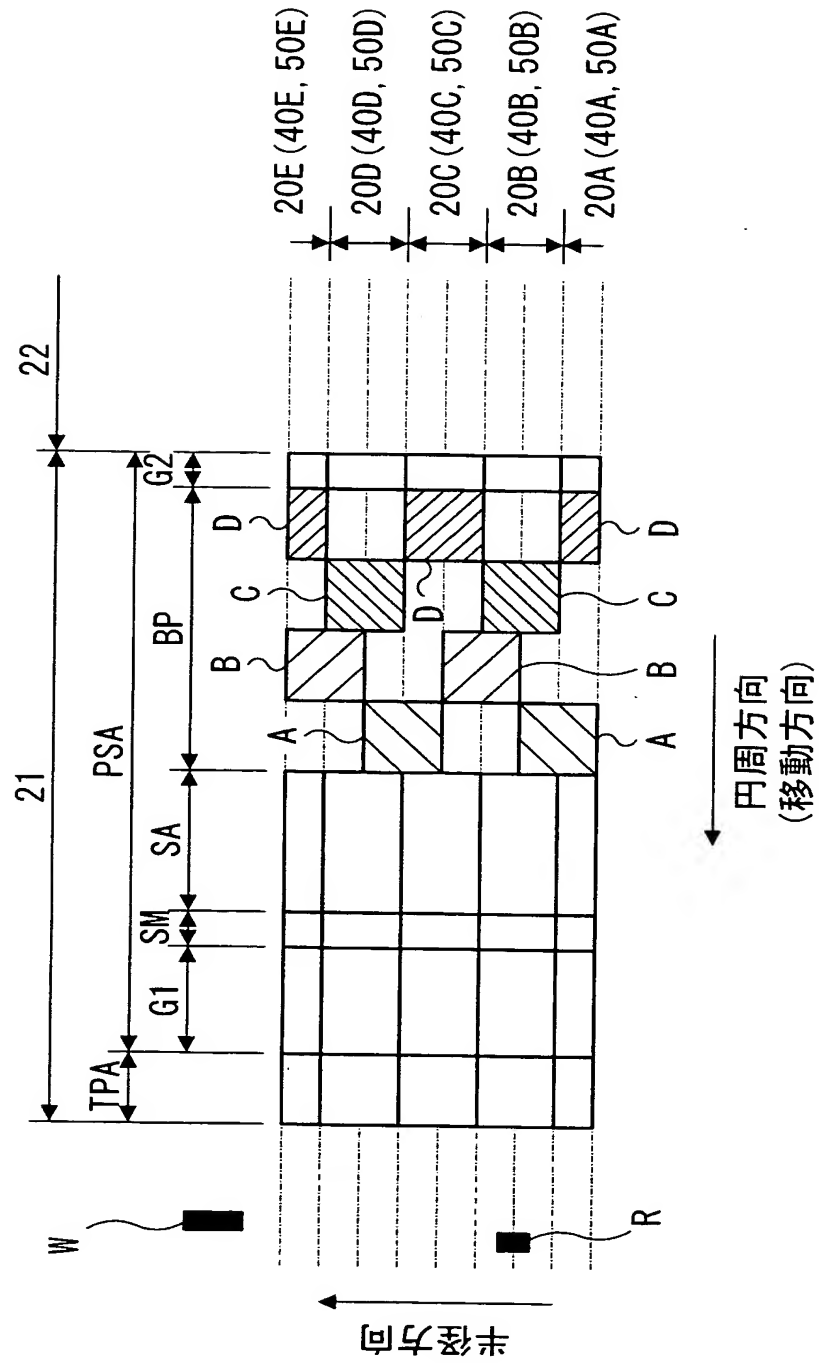
1…ハード・ディスク・ドライブ、2…磁気ディスク、3…スピンドル・モータ、4…磁気ヘッド、5…アクチュエータ、6…VCM、7…VCMドライバ、8…DAC、9…クラッシュ・ストップ、10…プリアンプ、11…リード／ライト・チャンネル、11a…クロック、12…MPU、13…HDC、14…ROM、15…RAM、20…トラック、21…位置情報記憶領域、22…データ記憶領域、40…サーボ・トラック、50…データ・トラック、R…リード・ヘッド、W…

ライト・ヘッド

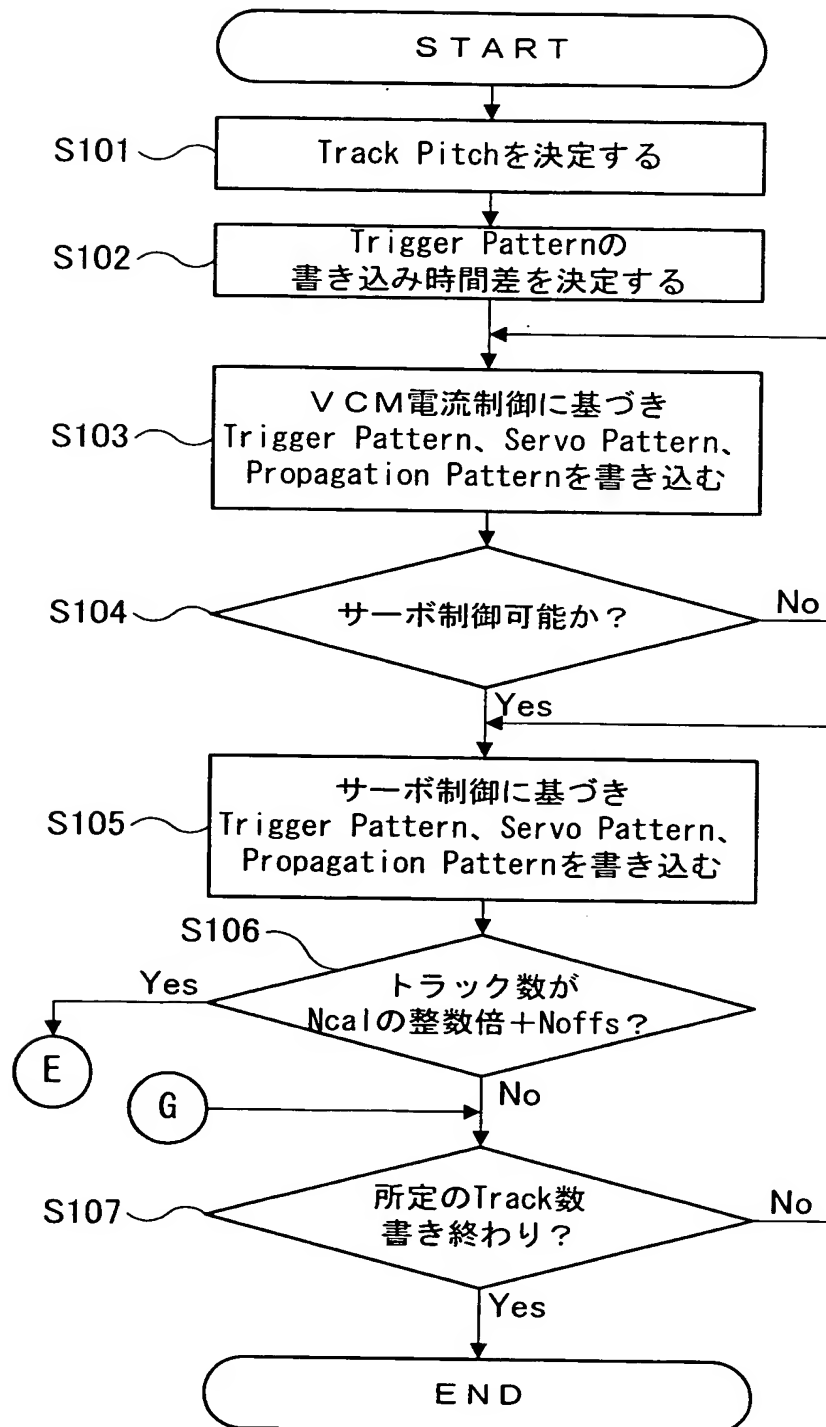
【図 2】



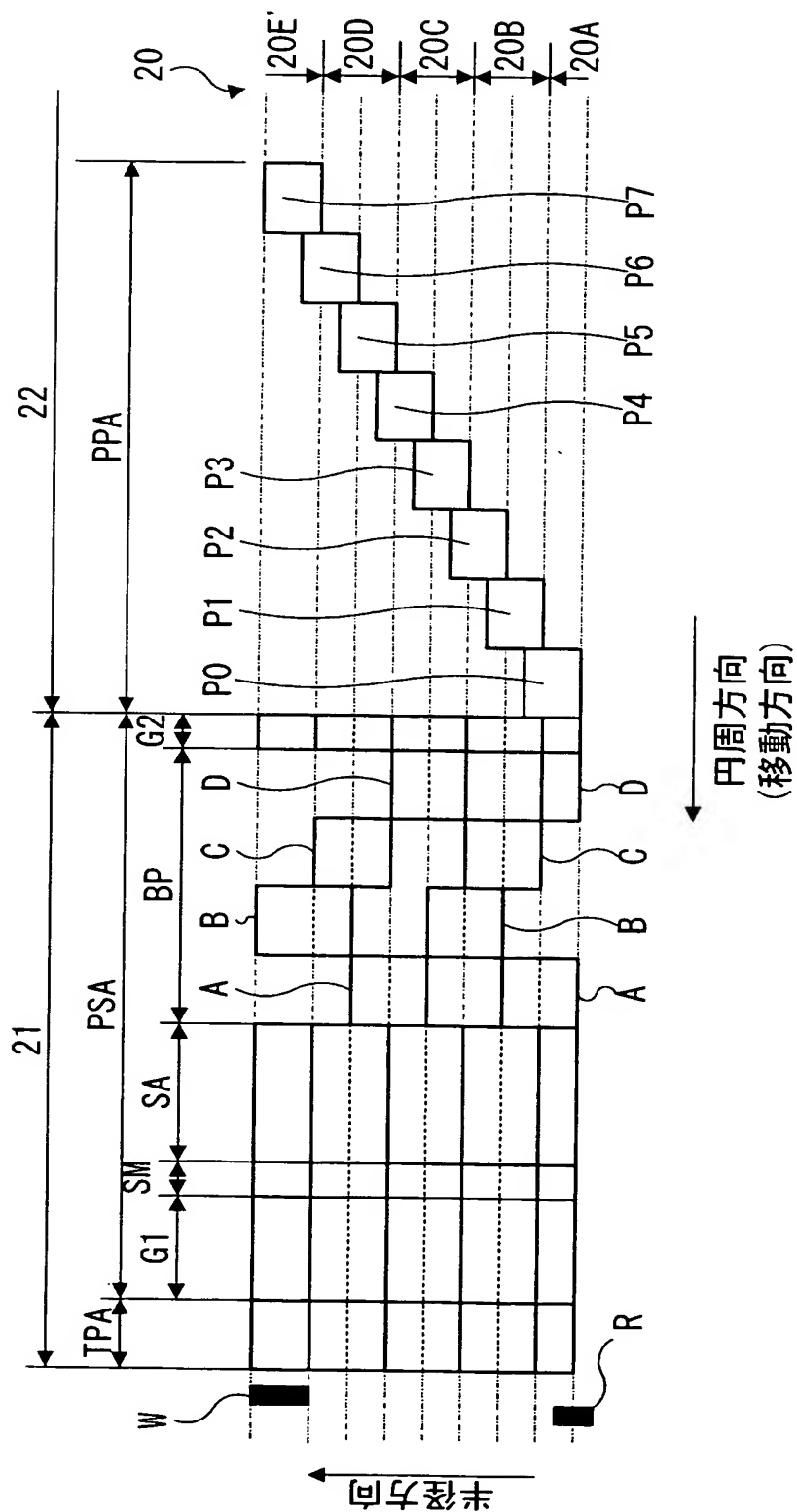
【図 3】



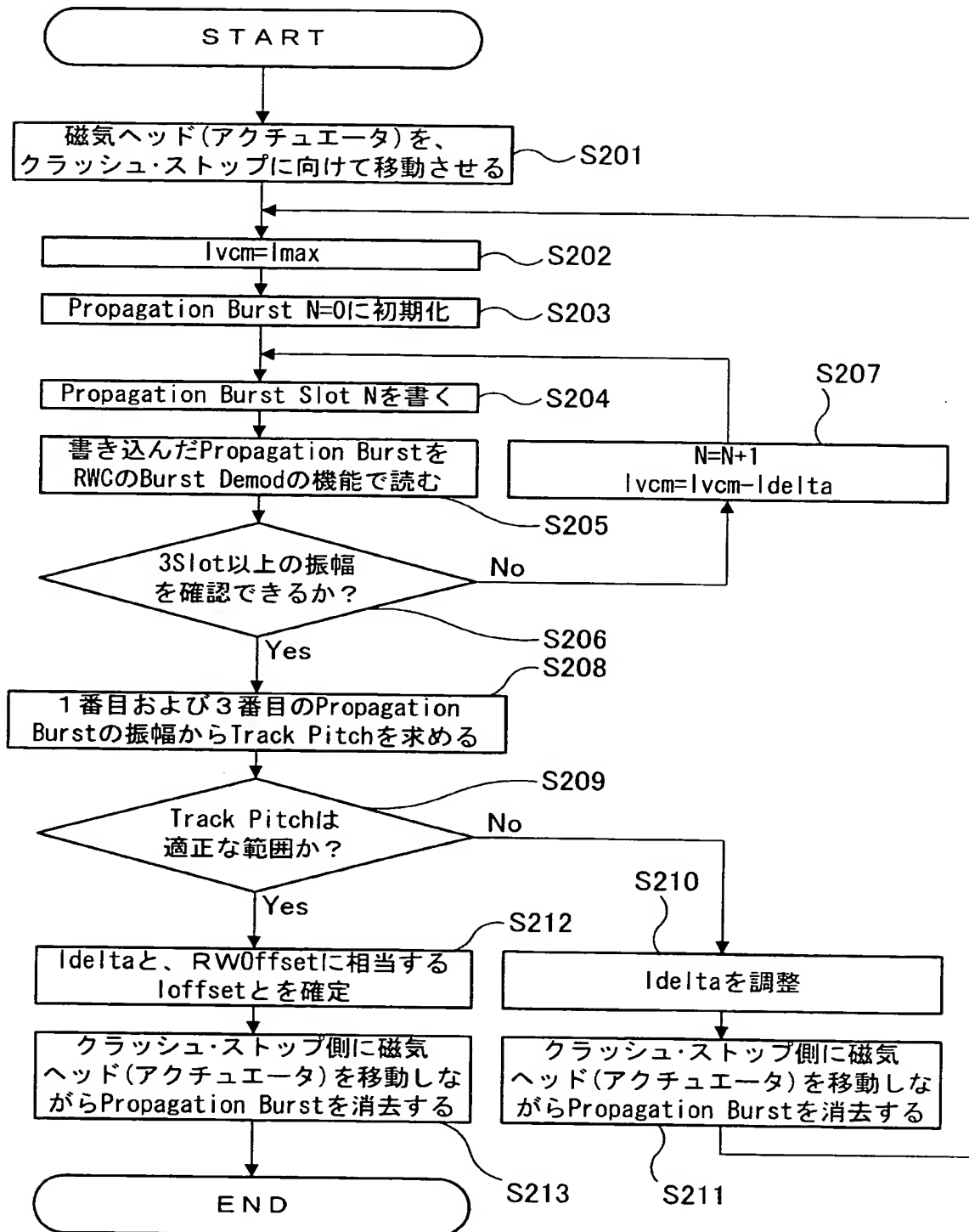
【図 4】



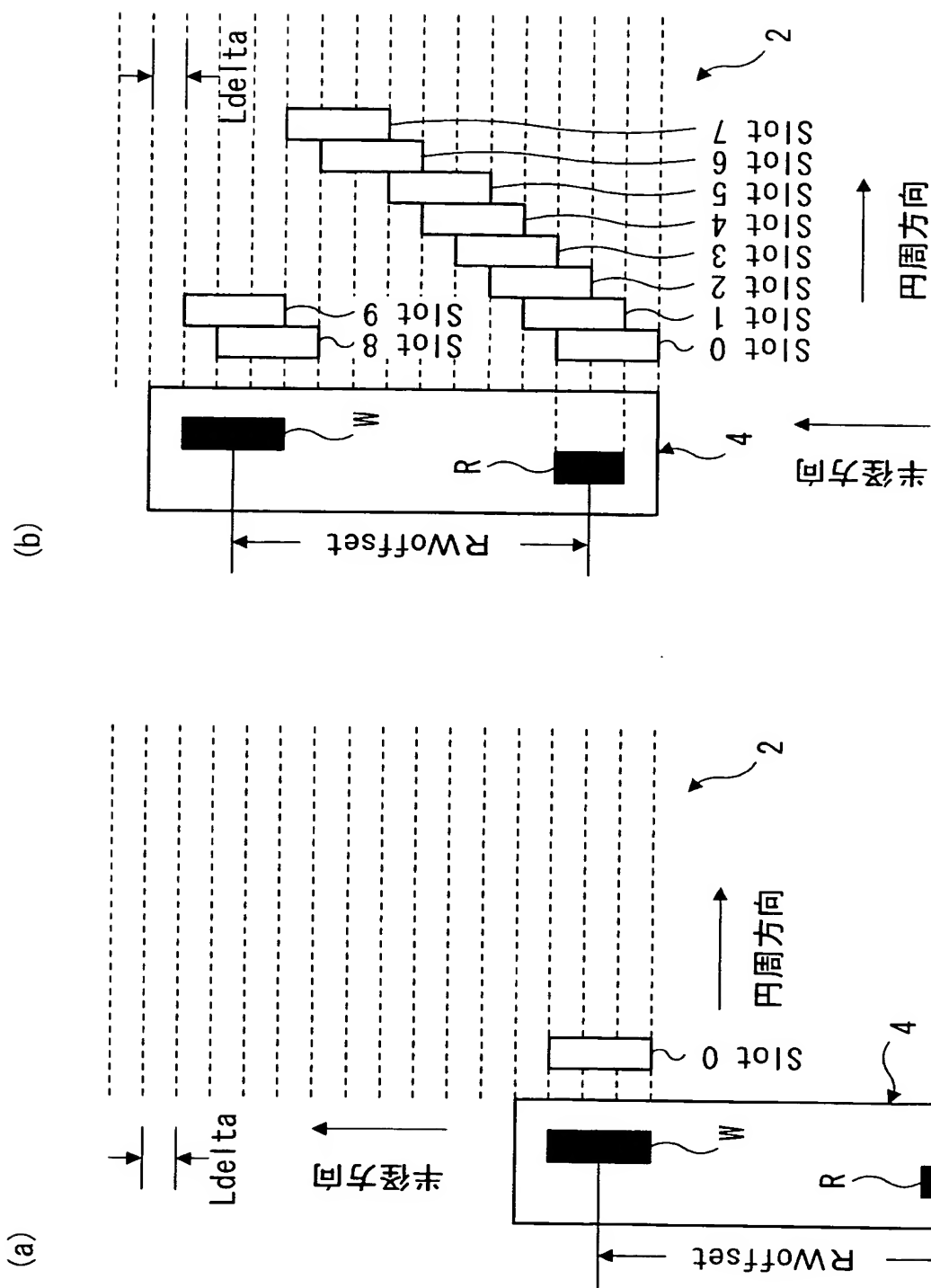
【図 5】



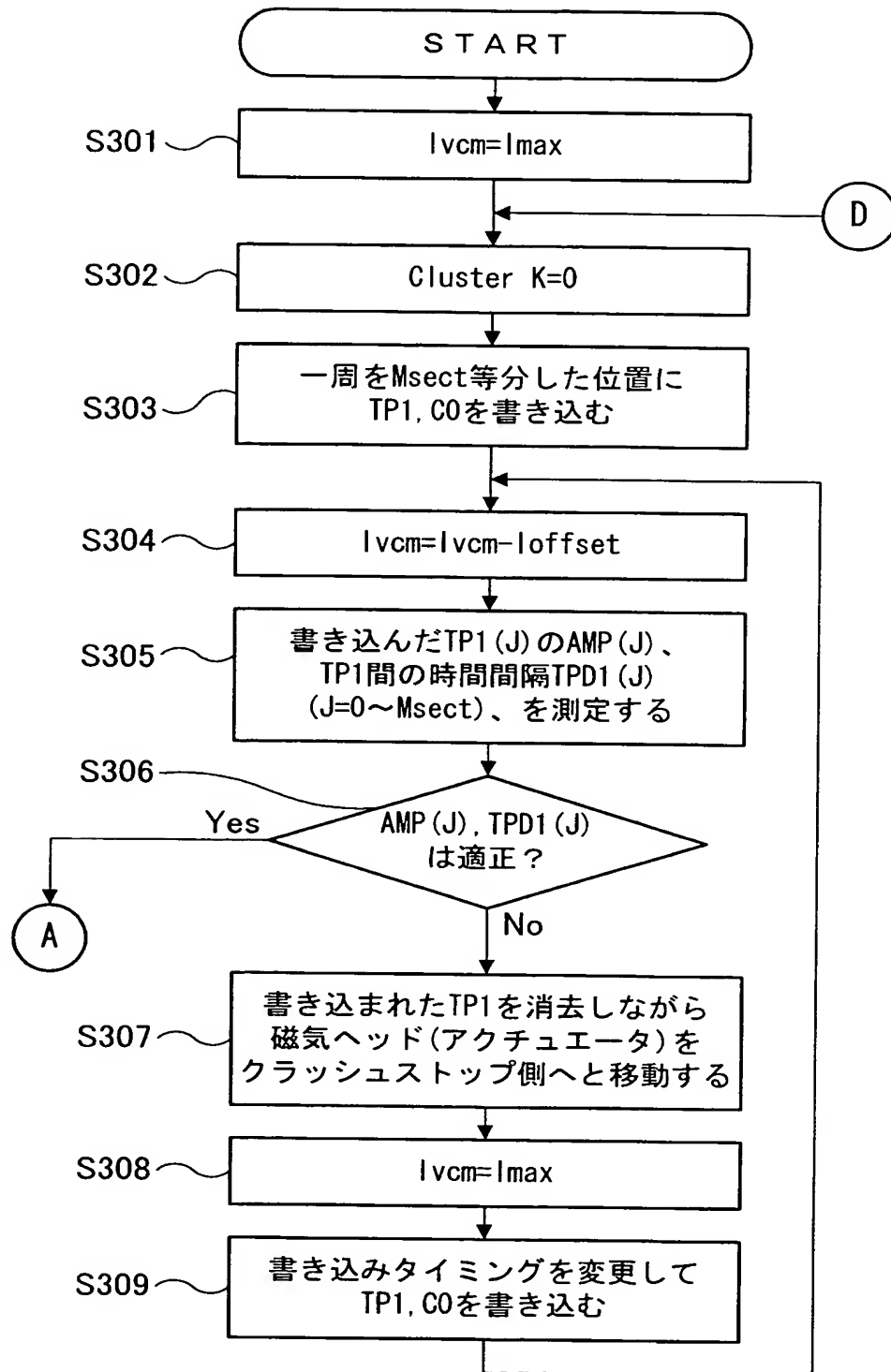
【図 6】



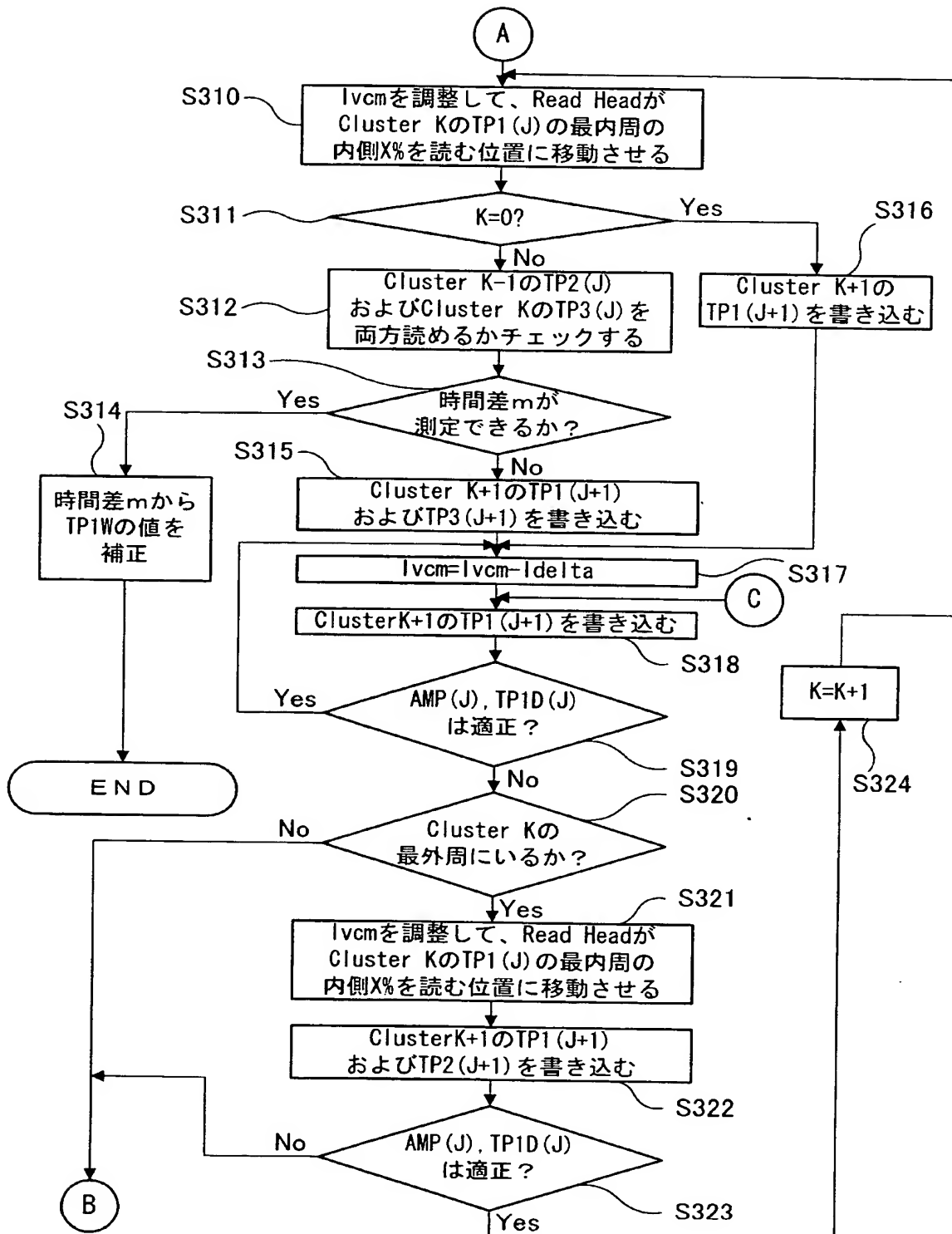
【図 7】



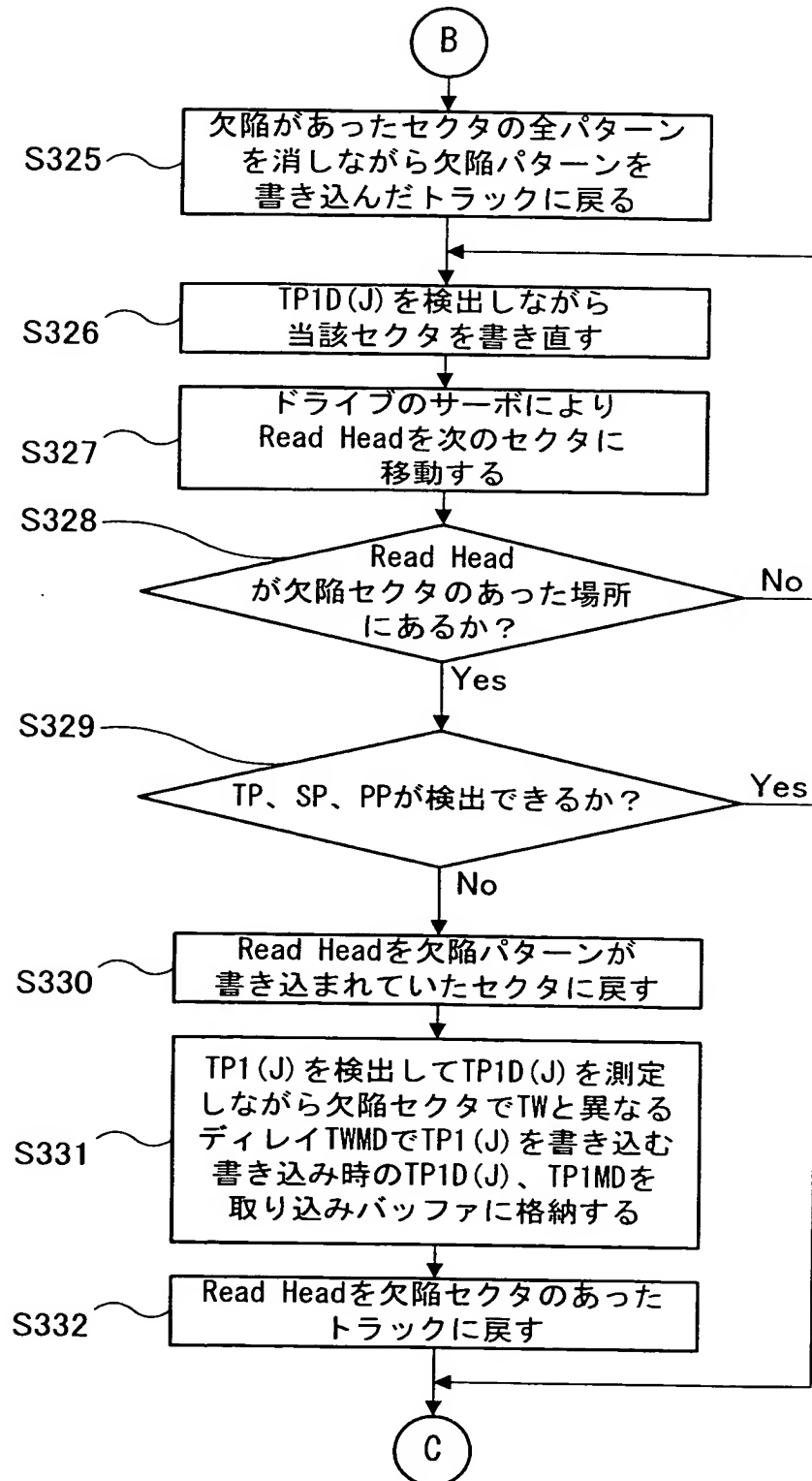
【図 8】



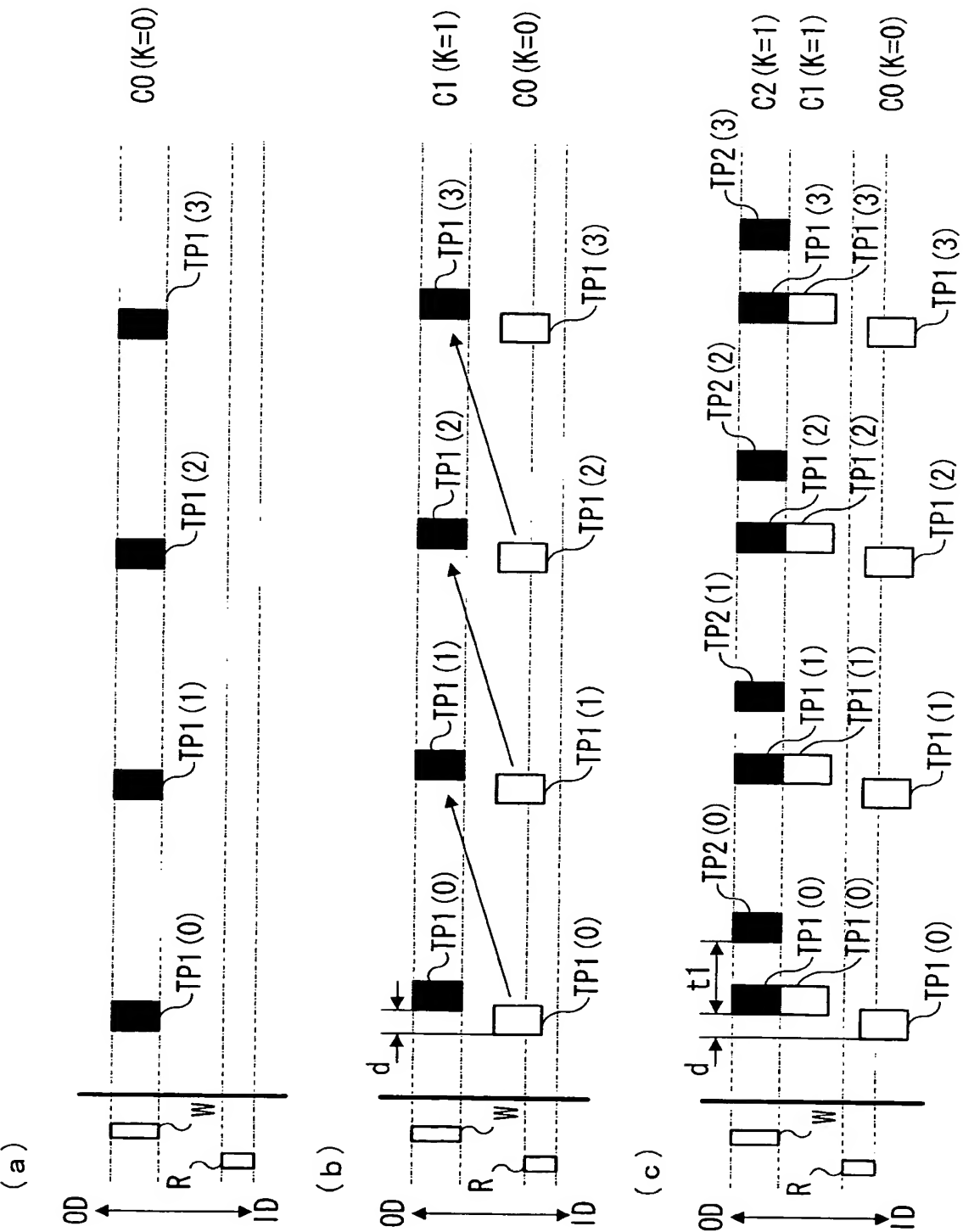
【図 9】



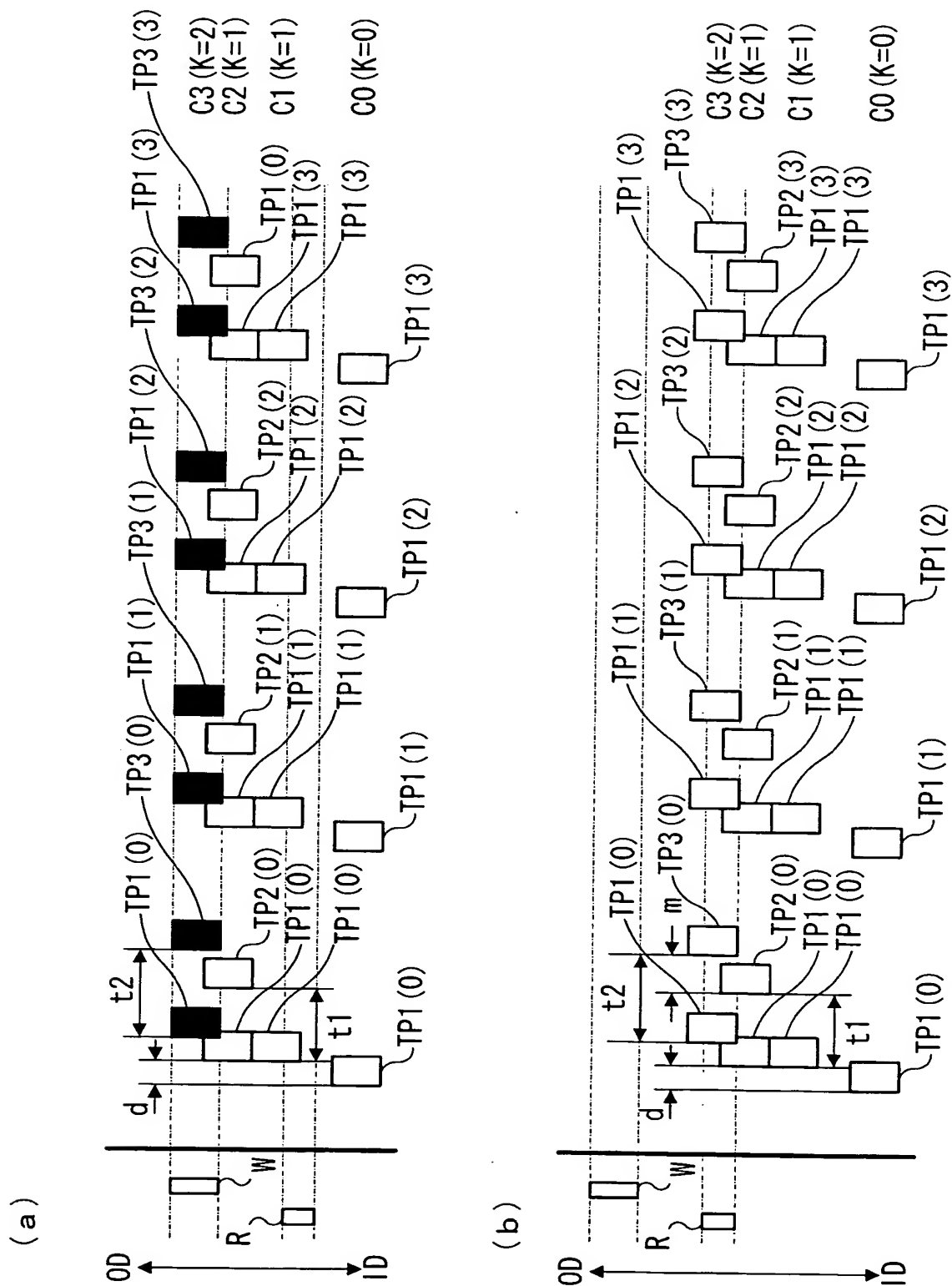
【図 10】



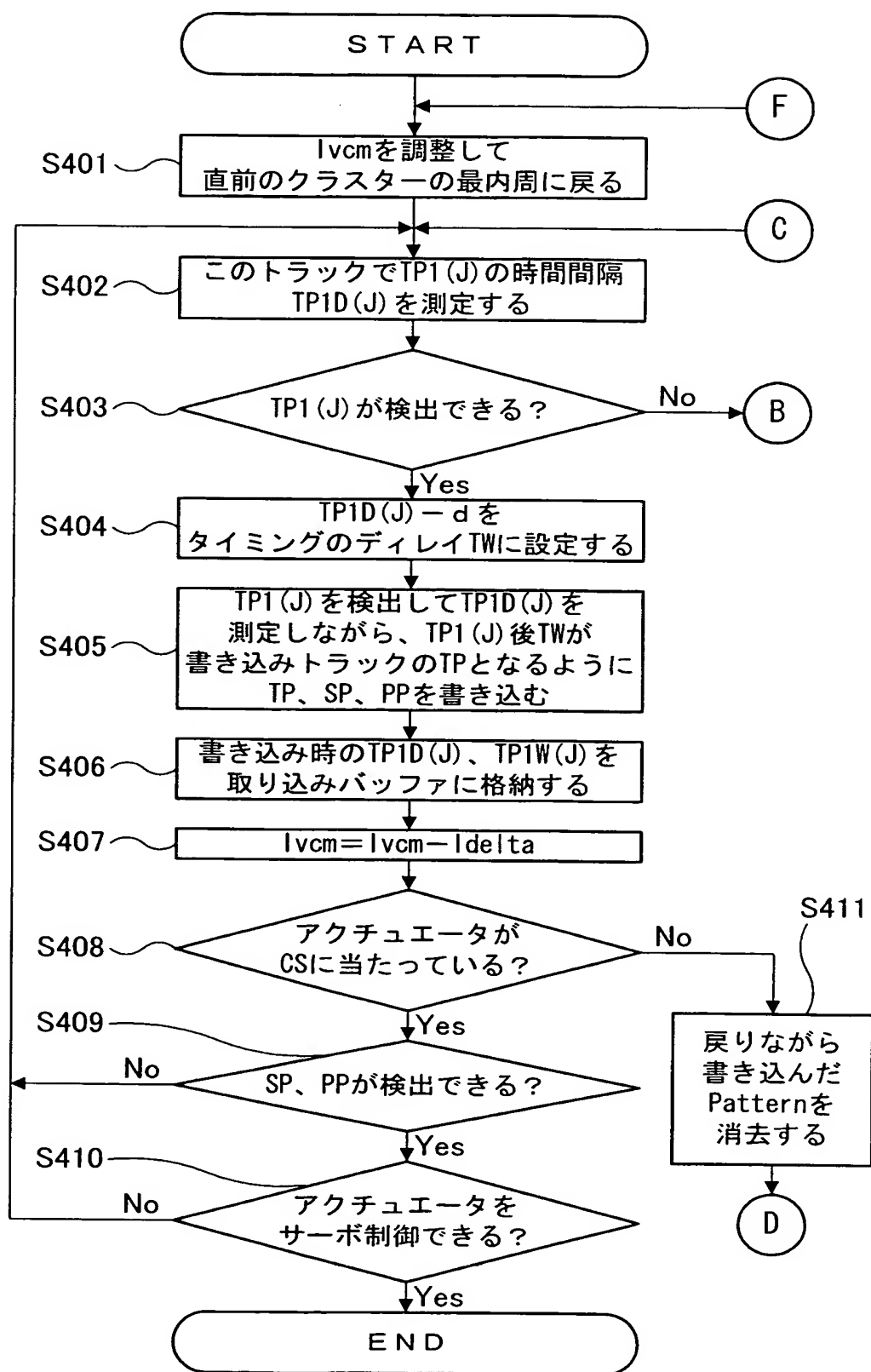
【図 11】



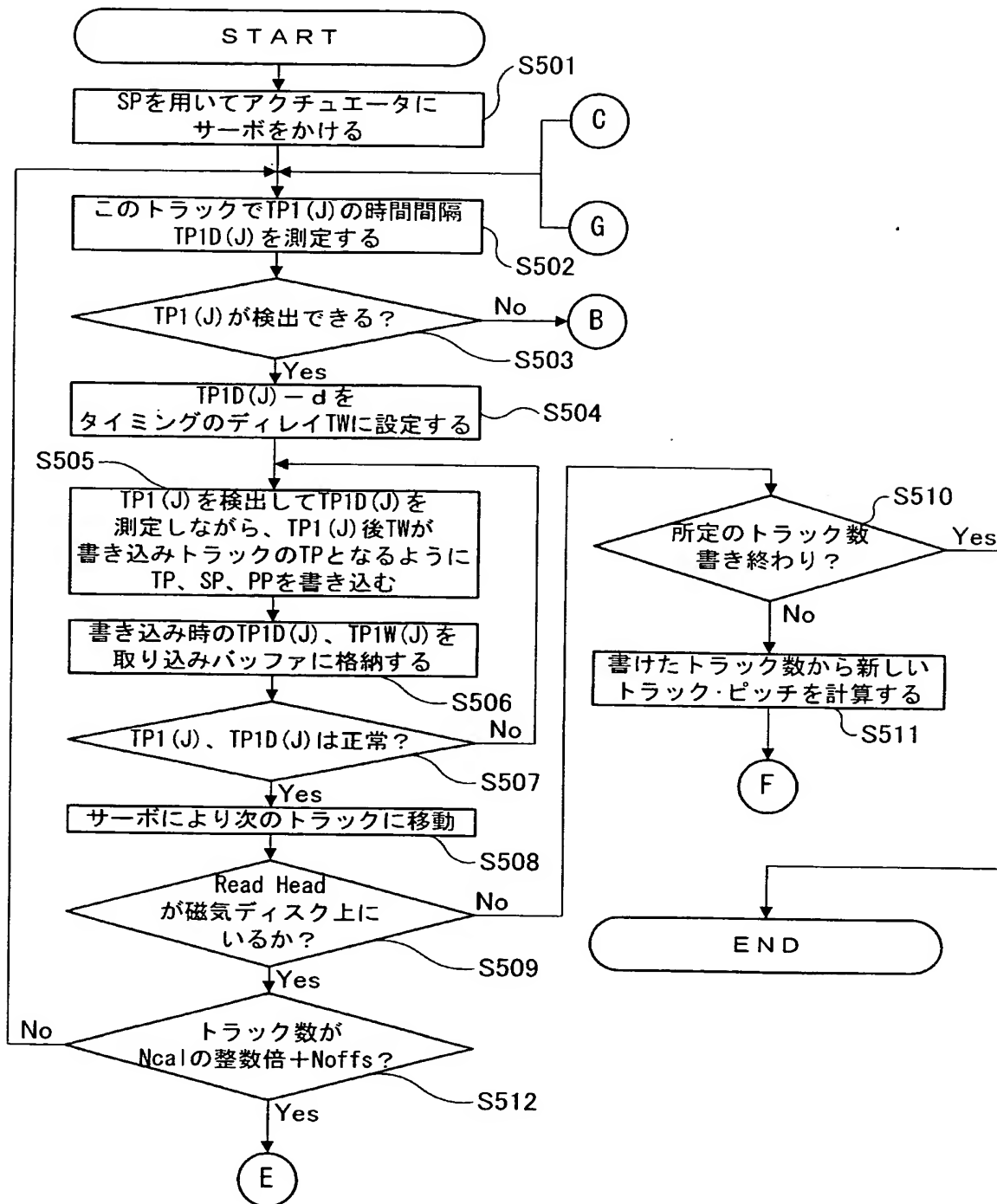
【図 12】



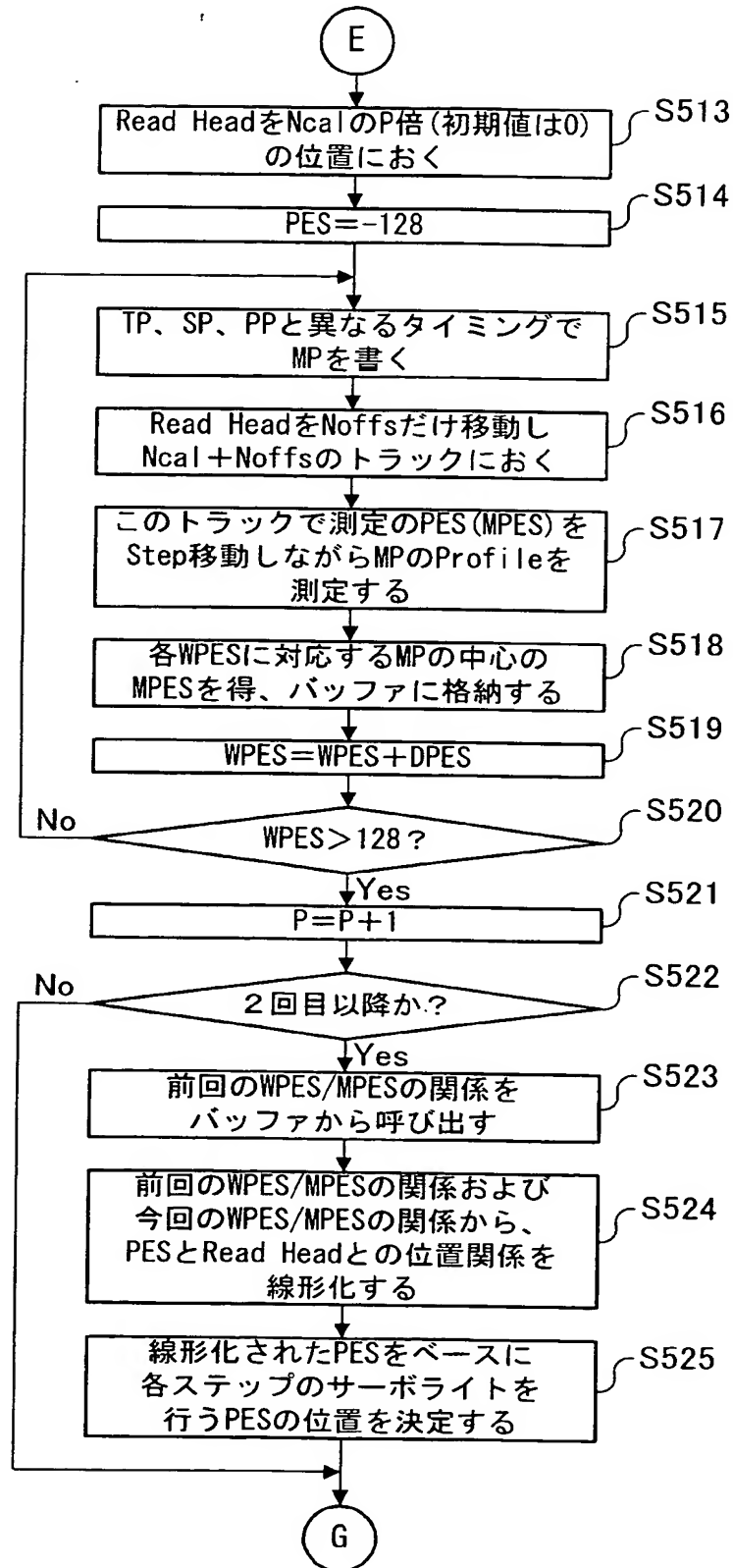
【図 13】



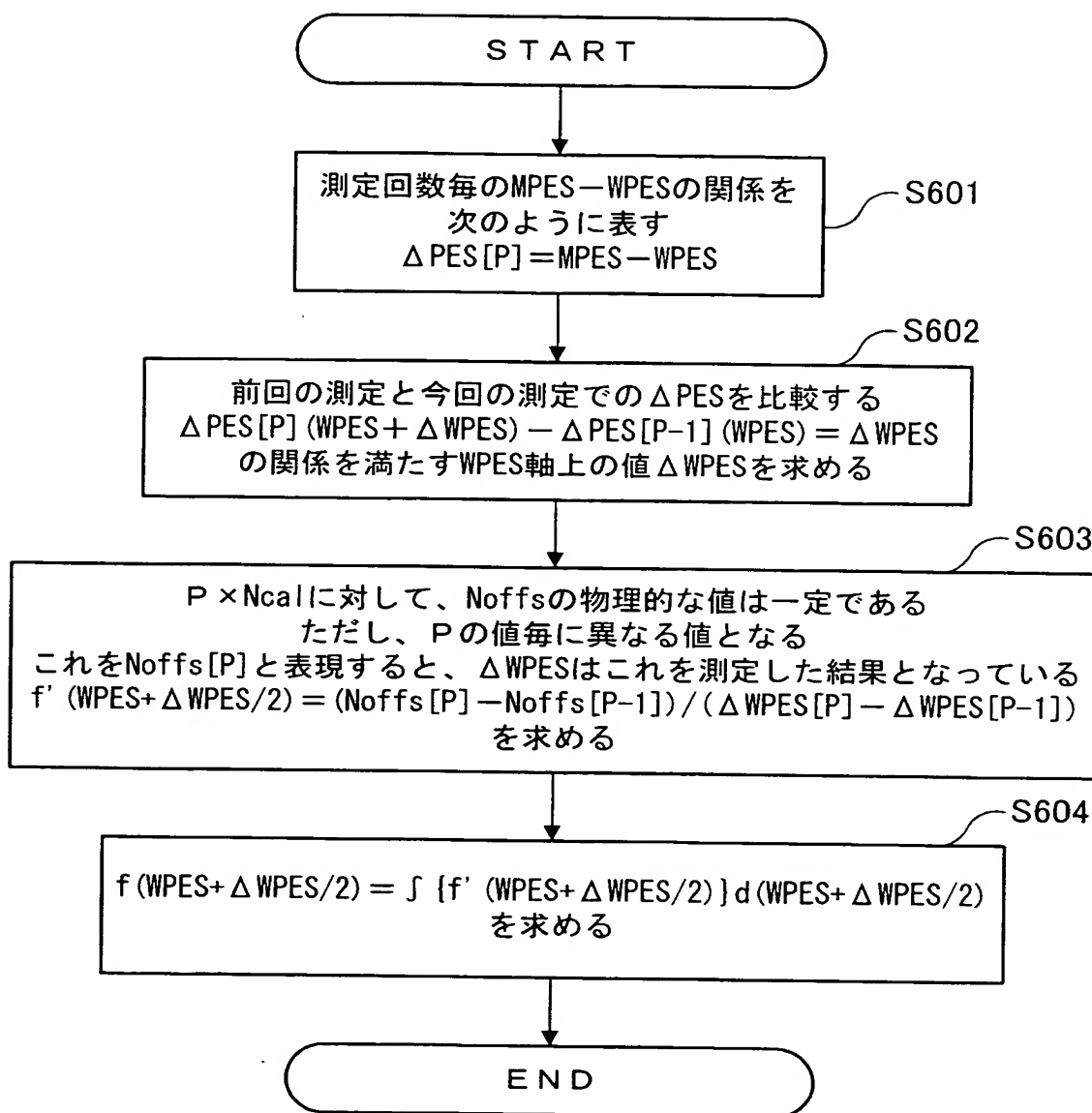
【図 14】



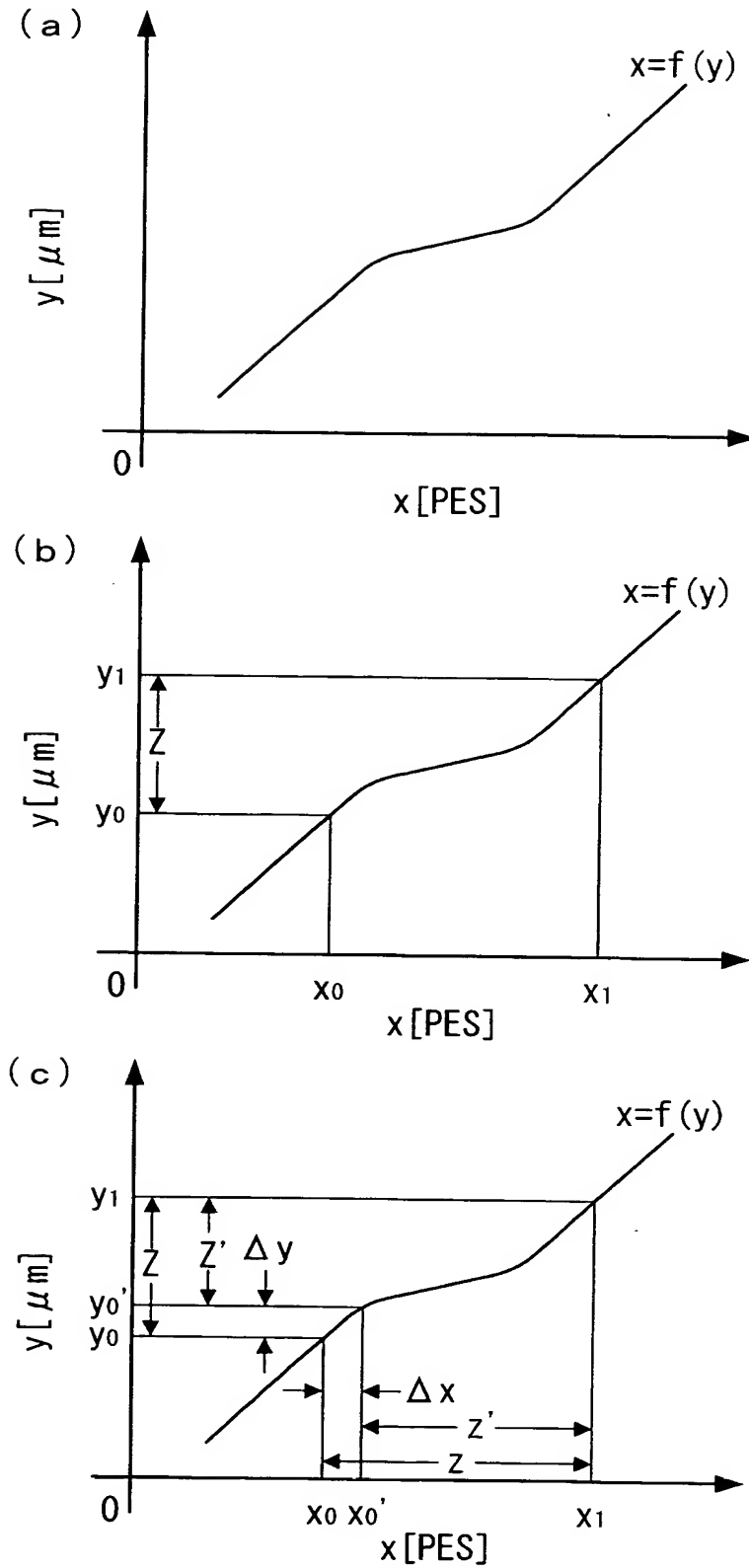
【図 15】



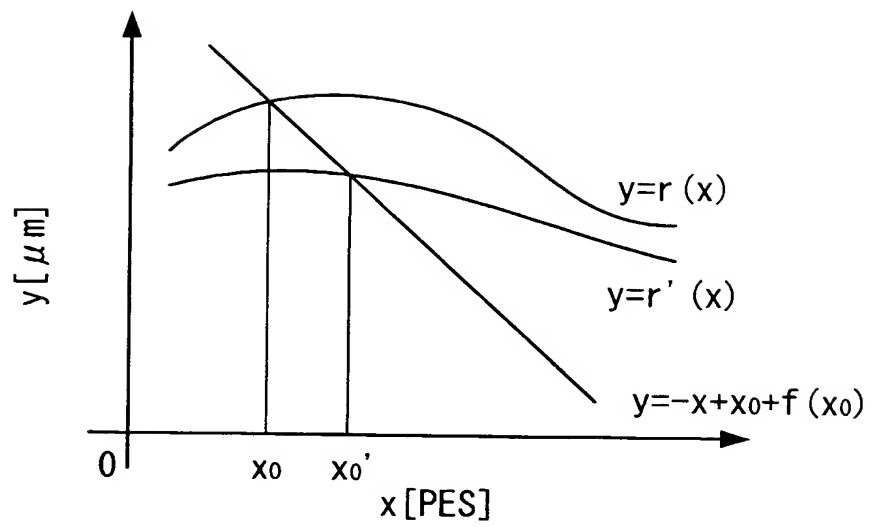
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 データ記憶装置自身のハードウェアを用いてディスク状記憶媒体上に何もパターンがない状態から自己サーボ書き込みを行う。

【解決手段】 ライト・ヘッドWで磁気ディスク2に書き込んだサーボ・パターンをリード・ヘッドRで検出し、検出したサーボ・パターンに基づいてライト・ヘッドWを位置制御すると共に、ライト・ヘッドWで磁気ディスク2に書き込んだプロパゲーション・パターンをリード・ヘッドRで検出し、検出したプロパゲーション・パターンに基づいてライト・ヘッドWの位置を補正する。

【選択図】 図2

認定・付加情報

特許出願の番号 特願 2002-348795
受付番号 50201816264
書類名 特許願
担当官 金井 邦仁 3072
作成日 平成 14 年 12 月 4 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 390009531
【住所又は居所】 アメリカ合衆国 10504、ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャード ロード
【氏名又は名称】 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

【代理人】

【識別番号】 100086243
【住所又は居所】 神奈川県大和市下鶴間 1623 番地 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内
【氏名又は名称】 坂口 博

【代理人】

【識別番号】 100091568
【住所又は居所】 神奈川県大和市下鶴間 1623 番地 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内
【氏名又は名称】 市位 嘉宏

【代理人】

【識別番号】 100108501
【住所又は居所】 神奈川県大和市下鶴間 1623 番 14 日本アイ・ビー・エム株式会社 知的所有権
【氏名又は名称】 上野 剛史

【復代理人】

申請人
【識別番号】 100104880
【住所又は居所】 東京都港区赤坂 5-4-11 山口建設第 2 ビル 6F セリオ国際特許事務所
【氏名又は名称】 古部 次郎

【選任した復代理人】

【識別番号】 100118201

次頁有

認定・付加情報（続き）

【住所又は居所】 東京都港区赤坂 5 - 4 - 1 1 山口建設第二ビル
6 F セリオ国際特許事務所
【氏名又は名称】 千田 武

次頁無



特願 2 0 0 2 - 3 4 8 7 9 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 9 0 0 0 9 5 3 1]

1. 変更年月日 2 0 0 0 年 5 月 1 6 日
[変更理由] 名称変更
住 所 アメリカ合衆国 1 0 5 0 4 、 ニューヨーク州 アーモンク (番地なし)
氏 名 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

2. 変更年月日 2 0 0 2 年 6 月 3 日
[変更理由] 住所変更
住 所 アメリカ合衆国 1 0 5 0 4 、 ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャード ロード
氏 名 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション